

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ЗБРОЙНІ СИЛИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

**НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ – ДЛЯ ЗАХИСТУ
ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

**XXI МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ ХАРКІВСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ПОВІТРЯНИХ СИЛ
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА**

Тези доповідей

09 – 10 квітня 2025 року

Харків
2025

*Затверджено до друку вченою радою Харківського національного
університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
протокол від 18 березня 2025 року № 5*

XXI міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба “Новітні технології – для захисту повітряного простору”: тези доповідей, 09 – 10 квітня 2025 року. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2025. – 888 с.

Наведені тези доповідей за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами, науковими співробітниками, докторантами, ад’юнктами, аспірантами, фахівцями органів військового управління, закладів, установ і підприємств.

Для наукових, науково-педагогічних працівників, докторантів, ад’юнктів, аспірантів, фахівців в галузі розвитку Збройних Сил, озброєння та військової техніки.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несуть автори.

© Харківський національний університет
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2025

ЗМІСТ

| | |
|---|----------|
| Вступне слово начальника Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба | 5 |
| Організаційний комітет конференції..... | 6 |
| Секція 1. Проблеми воєнного мистецтва, управління військами (силами) в сучасних війнах (конфліктах) та при відсічі збройної агресії російської федерації проти України..... | 9 |
| Секція 2. Наукове супроводження, розвиток, бойове застосування та експлуатація автоматизованої системи управління авіацією та протиповітряною обороною Повітряних Сил | 40 |
| Секція 3. Підготовка, бойове застосування частин (підрозділів) авіації, бойове маневрування та льотна експлуатація літальних апаратів..... | 63 |
| Секція 4. Створення, експлуатація та ремонт авіаційної техніки з урахуванням досвіду відсічі повномасштабної збройної агресії російської федерації | 102 |
| Секція 5. Комплекси і системи бортового обладнання військових повітряних суден, БПАК та авіаційне озброєння | 146 |
| Секція 6. Тактика зенітних ракетних військ, розвиток, експлуатація, ремонт та бойове застосування озброєння і військової техніки ЗРВ з урахуванням досвіду відсічі збройної агресії російської федерації..... | 210 |
| Секція 7. Тактика радіотехнічних військ, розвиток та бойове застосування радіоелектронної техніки РТВ. Особливості ведення радіолокаційної розвідки в ході бойових дій | 258 |
| Секція 8. Перспективи розвитку військової техніки електронних комунікаційних систем та радіотехнічного забезпечення Повітряних Сил. Особливості бойового застосування військових частин (підрозділів) зв'язку та РТЗ Збройних Сил України в ході відсічі збройної агресії російської федерації | 305 |
| Секція 9. Інформаційні та автоматизовані технології управління військовими організаційно-технічними системами..... | 346 |
| Секція 10. Розвиток озброєння, інформаційного забезпечення та способів застосування військ протиповітряної оборони Сухопутних військ Збройних Сил України. Протиповітряна оборона військ в умовах повномасштабної агресії російської федерації | 402 |
| Секція 11. Розвиток логістичного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України з урахуванням досвіду відсічі збройної агресії російської федерації | 440 |
| Секція 12. Створення та бойове застосування розвідувально-ударних систем..... | 472 |
| Секція 13. Розвиток та застосування сил та засобів розвідки, Сил спеціальних операцій та пошуково-рятувального забезпечення..... | 510 |
| Секція 14. Перспективи розвитку радіоелектронної та кіберборотьби Повітряних Сил Збройних Сил України | 532 |

| | |
|--|-----|
| Секція 15. Сучасні напрямки розвитку радіоелектроніки | 569 |
| Секція 16. Космічна підтримка Збройних Сил України при виконанні завдань в ході відбиття агресії російської федерації проти України | 606 |
| Секція 17. Електроенергетичне забезпечення озброєння та військової техніки з урахуванням досвіду ведення бойових дій | 628 |
| Секція 18. Метрологічне забезпечення озброєння і військової техніки з урахуванням досвіду ведення бойових дій | 665 |
| Секція 19. Соціально-гуманітарні проблеми національної безпеки, реформування та розвитку Збройних Сил України | 706 |
| Секція 20. Психолого-педагогічні, правові та соціальні проблеми підготовки військових професіоналів в умовах російсько-української війни | 735 |
| Секція 21. Особливості викладання іноземних мов військовим фахівцям | 777 |
| Секція 22. Мовна підготовка та сертифікація авіаційних фахівців..... | 794 |
| Секція 23. Математика у військово-прикладних задачах та особливості математичної підготовки майбутніх фахівців авіаційного профілю | 807 |
| Секція 24. Новітні технології в авіації та особливості підготовки авіаційних фахівців | 820 |
| Секція 25. Перепідготовка та підвищення кваліфікації авіаційного персоналу ЗС України в умовах відсічі збройної агресії російської федерації..... | 852 |
| Алфавітний покажчик | 863 |

ВСТУПНЕ СЛОВО
начальника Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба до учасників XXI міжнародної
наукової конференції Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
“Новітні технології – для захисту повітряного простору”

Dear participants of the Conference!

It has already become a good tradition for representatives of Ukrainian and foreign science to gather in the spring at Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University.

The Air Force of the Armed Forces of Ukraine is one of the main instruments of deterrence against air threats, just like at the beginning of the armed aggression. The university carefully collects, studies and implements modern combat experience, which is enriched in the course of practical activities of the troops.

Today, scientific researchers face a wide range of new tasks and challenges. Together with us, the scientific community of partner countries studies the experience and contributes to deterring the aggressor country.

Three years of large-scale aggression have posed new challenges and tasks for the Air Force specialists, and the achievements have been recognized internationally, where they have received and continue to receive the highest marks.

Scientific progress in military affairs has received an unforeseen acceleration, and some models have begun to actively use sophisticated technologies of the future.

The scientific community of the world's leading countries is observing the combat use of the latest technologies, such as artificial intelligence, machine vision, energy weapons, cyberspace and other innovations that lay the foundation for the future technological ecosystem.

In conditions of limited resources, the scientific component creates effective solutions. Thus, Ukraine has proved that the size and military power of the enemy can be compensated for by other factors, the main one being the thirst for victory.


I am convinced that the conference will be held in a creative atmosphere with a free exchange of views, productive scientific discussion, and a comprehensive consideration of all problematic issues by representatives of different scientific schools, which will bring the establishment of scientific truth as close as possible and allow us to formulate sound, theoretically and practically significant scientific results.

I hope that its results will certainly be useful in the further practical activities of military command and control bodies, troops (forces), military education and research institutions.

I believe that professional reports, intellectual discussions and creative atmosphere will contribute to the development of national and world science and bring our Victory closer.

Glory to Ukraine! Glory to the heroes!
Together to Victory!

Начальник Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
бригадний генерал


Андрій БЕРЕЖНИЙ

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова організаційного комітету:

бригадний генерал Андрій БЕРЕЖНИЙ, начальник Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Заступник голови організаційного комітету:

полковник Костянтин ВАСЮТА, заступник начальника університету з наукової роботи Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Члени організаційного комітету:

полковник Володимир ВАСИЛИШИН, начальник кафедри радіоелектронних систем пунктів управління Повітряних Сил факультету автоматизованих систем та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Сергій ВОЙТЕНКО, начальник кафедри метрології та стандартизації факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Ельшан Гіяс ГАШИМОВ, професор Азербайджанського технічного університету, професор Національного університету оборони, Баку, Азербайджан;

полковник Ігор КОВТОНЮК, начальник кафедри інженерно-авіаційного забезпечення інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Василь КРОТЮК, начальник кафедри педагогіки та психології Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Геннадій ЛАГУТІН, начальник кафедри електротехнічних систем комплексів озброєння та військової техніки факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Володимир ЛУПАНДІН, заступник начальника наукового центру Повітряних Сил з наукової роботи Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Сергій ХМЕЛЕВСЬКИЙ, начальник кафедри бойового застосування та експлуатації АСУ факультету автоматизованих систем та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Геннадій ХУДОВ, начальник кафедри тактики радіотехнічних військ факультету радіотехнічних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Юрій ШЕВЦОВ, начальник факультету перепідготовки та підвищення кваліфікації авіаційного персоналу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

підполковник Валерій ВОЇНОВ, заступник начальника факультету з навчальної та наукової роботи – начальник навчальної частини факультету протиповітряної оборони Сухопутних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

підполковник Павло МАРТИНЕНКО, начальник науково-інформаційного відділення наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

підполковник Сергій НЕЧИТАЙЛО, начальник науково-дослідної лабораторії факультету зенітних ракетних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Салім КАЛКАМАНОВ, завідувач кафедри аеродинаміки та динаміки польоту льотного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Володимир КАРЛОВ, завідувач кафедри фізики та радіоелектроніки Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Петро КВІТКІН, професор кафедри філософії Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Анатолій КОБЗЄВ, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (розвідки Повітряних Сил) науково-дослідного управління (спеціальних досліджень) наукового центру Повітряних Сил університету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Павло КОСТЕНКО, професор кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки факультету автоматизованих систем та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Олексій ЛЕОНТЬЄВ, головний науковий співробітник науково-дослідного управління (розвитку, застосування та забезпечення авіації Повітряних Сил) наукового центру Повітряних Сил університету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Герхард МОК, заступник професора кафедри металевих матеріалів Інституту матеріалів і технологій з'єднання. Технологія матеріалів Магдебургського університету Отто-фон-Геріке, Магдебург Німеччина;

Джузеппе НАРДОНІ, президент академії Нардоні, Брешия, Італія;

генерал дивізії Війська Польського Богуслав ПАЦЕК, професор Ягелонського університету, Краків, Польща;

працівник ЗС України Інна РЕБРІЙ, завідувач кафедри іноземних мов факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Олександр СОТНІКОВ, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (оперативного (бойового) забезпечення Повітряних Сил) науково-дослідного управління (спеціальних досліджень) наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Валентин УЧАНІН, провідний науковий співробітник лабораторії вихрострумового контролю Фізико-механічного інституту Національної академії наук України;

Вікторія ФЕДОРЧАК, старший викладач військових наук кафедри військових наук Відділення повітряних операцій Шведського університету оборони, Стокгольм, Швеція;

працівник ЗС України Олександр ФУРСЕНКО, завідувач кафедри вищої математики Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Галіна ЧЕРНЕВА, завідувач кафедри електротехніку Університету транспорту Тодора Каблешкова, Софія, Болгарія;

працівник ЗС України Юрій ШЕВЯКОВ, директор інституту цивільної авіації – заступник начальника університету по роботі зі студентами Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Сергій ЯРОШ, професор кафедри тактики зенітних ракетних військ факультету зенітних ракетних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Відповідальний секретар організаційного комітету:

підполковник Олександр КУРЕНКО, начальник науково-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

СЕКЦІЯ 1

ПРОБЛЕМИ ВОЄННОГО МИСТЕЦТВА, УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ) В СУЧАСНИХ ВІЙНАХ (КОНФЛІКТАХ) ТА ПРИ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ

Керівники секції: к.військ.н. полковник Бейліс Л.В.;
д.військ.н. проф. пр. ЗС України Ярош С.П.
Секретар секції: майор Просяник В.В.

INNOVATIVE TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF COMBATING MEANS OF AIR ATTACK

V. Shamko

Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine

Taking into account the results of the analysis (Russia's capabilities to manufacture long-range missiles and drones; the real state of technology development in Ukraine; the capabilities of defense industry of Ukraine and the urgent need of the army for technological weapons "should have been yesterday") it is advisable to focus on the development and implementation of military technologies and technical solutions that have already been implemented in weapons at the stages of trial operation, testing or creation of prototypes.

First of all, it is about the development and creation of: weapon of kinetic impact; electromagnetic weapon; laser weapon; unmanned interceptor aircraft; swarms of unmanned systems and artificial intelligence technologies.

Weapon of kinetic impact can destroy ballistic and aerodynamic targets. Electromagnetic weapon is capable of affecting the electronic equipment and power supply systems of means of air attack. The development of laser weapon can be seen as a long-term perspective. However, a specific example of a laser weapon could be a ground-based tactical combat laser system on mobile platforms for physical destruction of air targets.

Unmanned interceptor aircraft are capable of contributing to air superiority by intercepting air targets.

The use of swarms of unmanned systems can provide electronic reconnaissance, information support for ground units, defeat (disruption) of the enemy's air defense system, etc.

The prospects for the artificial intelligence use include automated target detection, trajectory prediction and fire control, coordination of air defense systems, etc.

Recently, the issue of developing innovative technologies in the Air Force of Ukraine has become increasingly important. This is due to new high-tech challenges on the battlefield, namely, the fight against reconnaissance and fighter drones, guided bombs, etc.

The results of research on possible ways to combat these threats and the developments of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University specialists show that there is currently a need for the following promising developments: air defense system simulators, dual-use Unmanned Aviation System, situational awareness systems, FPV-drone defense systems and automated control systems.

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ “ЗАСІБ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ”

Л.В. Бейліс¹, к.військ.н.; С.П. Ярош², д.військ.н., проф.;
Д.А. Гриб², к.військ.н., доц.

¹Командування Повітряних Сил Збройних Сил України;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

У доповіді наводяться результати досліджень проблемних питань щодо використання поняття “засоби повітряного нападу” у нормативних документах, із метою його використання при дослідженні відповідності відповідних вимог до систем протиповітряної оборони.

Класифікацію засобів повітряного нападу (ЗПН) проведено за ознаками, що відрізняють від інших засобів, таких як: засоби ракетного, космічного і іншого нападу. Наведені результати дослідження класифікації ЗПН за наступними ознаками: за сферою застосування; ознаками польоту; ознаками побудування і конструкції; об'єктами поразення; ступенем керованості; побудови систем протидії ЗПН.

Окрема визначені деякі ознаки класифікації ЗПН при виявленні їх у польоті засобами розвідки ППО.

У доповіді визначено проблемне питання, що для визначення засобів поразення різного фізичного впливу на об'єкти військ і цивільної інфраструктури та боєприпасів, як ЗПН, вони мають мати вище перелічені їх ознаки.

METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF RATIONAL STRUCTURE OF COVER AND SECURITY COMPANY AS THE MAIN ELEMENT OF THE SYSTEM OF COMBATING UNMANNED AERIAL VEHICLES – BARRAGE MUNITIONS IN UNIT (SUBUNITS) OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE TROOPS

D. Huriev

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The main element of the structure of the system of combating unmanned aerial vehicles – barrage munitions in the unit (subunits) of anti-aircraft missile forces should be the cover and security companies of anti-aircraft missile forces units. The methodology has been developed to form a rational structure of cover and security companies for the main units of an anti-aircraft missile forces military unit to organize effective combat against unmanned aerial vehicles – barrage munitions.

The initial data for the methodology are: the type and number of unmanned aerial vehicles – barrage munitions, which must be able to withstand the anti-unmanned aerial vehicle system created in the anti-aircraft missile forces unit; a given probability of performing a combat mission by the anti-unmanned aerial vehicle system – barrage munitions.

Determination of the mathematical expectation of the number of unmanned aerial vehicles – barrage munitions that should disrupt the performance of a combat mission by the created combat system, which must be achieved during its formation, is carried out using the indicator of the ability to perform the assigned combat mission by the anti-aircraft missile forces' anti-unmanned aerial vehicle – barrage munitions system. The main subsystems of the system for combating unmanned

aerial vehicles – barrage munitions are: intelligence; control; direct cover; fighter-unmanned cover; electronic warfare; passive defense.

The methodology, taking into account the experience of combat operations, determines the share contributions of subsystems (those implemented in the course of forming cover and security companies: direct cover, fighter-unmanned cover, electronic warfare) to the effectiveness of the system of combating unmanned aerial vehicles – barrage munitions created in the unit (subdivision). Accordingly, the required number of unmanned aerial vehicles – barrage munitions that this subsystem must disrupt the task is determined. The determined share contributions are not constant and vary depending on the level of development of technologies for combating unmanned aerial vehicles – barrage munitions within each of the subsystems of the combat system.

Next, the units of direct cover, electronic warfare and fighter-unmanned aerial vehicles of the cover and security company are formed in turn by the additive method, which are able to provide the required value of the mathematical expectation of the number of destroyed unmanned aerial vehicles – barrage munitions.

To develop the organizational structure of the cover and security companies, an organizational design method called the goal structuring method was used.

PECULIARITIES OF PLANNING AIR COMMAND ACTIONS AS A COMPONENT OF MILITARY ART PROBLEMS IN REPELLING THE ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION AGAINST UKRAINE

*Ye. Karmannyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Kalachova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor;
V. Prosiannyk*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Air Command (AiC) is an operational-tactical unit and is intended to protect the country's facilities, Armed Forces groups, and important military facilities within established boundaries from enemy air strikes and to prevent its flight deep into the territory of Ukraine.

The experience and lessons of repelling the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine show that the planning of AiC actions as an important modern component of the military art problems has acquired new significant features. Thus, when planning AiC actions, the following main features must be taken into account.

The combat composition of the AiC depends on the number and importance of the objects being covered; the importance of the air direction in which it is deployed; the physical and geographical conditions of the combat area; the expected composition and character of the air enemy actions within the AiC's area of responsibility.

On the planning of the AiC forces and means actions is influenced by: the rapidity of operations (combat actions), their acquisition of an interspecies, large-scale, highly maneuverable character; getting ahead of the enemy and achieving operational suddenness by starting operations with a limited composition; the widespread use of modern information technologies in automated control systems; the possibility of remote high-precision fire impact on the entire enemy territory; high compatibility of disparate control, reconnaissance and communication systems;

the complex character of fire damage to the enemy, achieving victory by inflicting selective high-precision strikes on the most important enemy objects (targets); the organization of interaction using means of visual displaying a picture of the combat operations area; ensuring the security of rear objects by specially trained divisions; high autonomy of troops (forces) actions.

FORECASTING THE DEVELOPMENT DIRECTIONS OF THE AIR AND MISSILE DEFENSE MANAGEMENT SYSTEM

O. Babenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;

D. Sizon; M. Kovalenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Forecasting in the process of choosing directions for the development of the anti-aircraft and anti-missile defense control system is carried out by combining forecasts.

The combination of forecasts is offered due to the combined use of the results of both different mathematical forecasting methods, as well as jointly mathematical and expert forecasting methods.

The combined method can be used according to the following scheme:

1. An analysis of the forecasting object is carried out, the main factors affecting the forecasted parameters are identified, and a model of the forecasting object is created.

2. With the help of the developed model, the object parameters are evaluated using mathematical and expert methods.

3. A comparison of the data obtained from the results of forecasting by mathematical and expert methods is carried out. The purpose of the comparison is to identify their "contradiction" or "non-contradiction".

4. After identifying the possible reasons for the contradiction of forecasts obtained by different methods, appropriate adjustments are made and forecasting, comparison and joint processing of forecast data are carried out again.

For specific cases of forecasting, the general scheme is supplemented with features depending on air defense and anti-missile defense means.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF REFLECTIVE MANAGEMENT OF COMBAT OPERATIONS IN ARMED CONFLICTS

B. Demidov¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;

M. Borysenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

T. Ivakhnenko², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Central Research Institute of Armaments and Military Equipment

The management of its troops (forces), combat and support assets should be highly efficient, conflict-resistant, flexible, covert, adaptive, reflective, operational, automated and innovative. Management innovativeness should be based on the use of new information technologies, including artificial intelligence technologies, the principles of reflexivity and sustainability of management, etc.

Reflexivity of management of the enemy's actions is seen as a way of imposing specially prepared disinformation on him to persuade him to make a management

decision that is unfavourable to him and favourable to our side. In this case, motivating disinformation of the enemy is of particular importance.

The goal of reflexive management is to force the enemy to make a wrong decision, which contributes to his defeat. Reflection becomes more effective when each of its steps is accompanied by variations in the ways of motivating the enemy's behaviour, as well as in the methods of disinformation. In this case, it is important not only to monitor the enemy's behaviour and respond to his actions, but also to anticipate his intentions, periodically misleading him about his own intentions.

Ways of implementing reflective control can be represented by simple and complex influences. Simple methods are limited to influencing only the process of reflecting the situation in the enemy's control subsystem. Complex and deeper methods are to influence the decision-making process in the enemy's control subsystem, i.e. to control the reflection itself.

Reflexive management is based on the fact that the opposing party will inadequately assess the state of the managed process and make the wrong decision on the strategy and tactics of its behaviour. A prerequisite for disinformation is that it is believable to the opponent.

ASSESSMENT OF ADDITIONAL RISKS WHEN CONDUCTING FIELD TESTS AT COASTAL RANGE UNDER MARTIAL LAW

*K. Kulahin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Kvitkin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The problem of risk assessment during combat firing and field tests of weapons and military equipment (WME) in peacetime is a compound scientific and technical problem associated with the systematic analysis of complex military-technical systems of the type "potentially dangerous object – dangerous factors – means and measures of protection – recipient", with a known structure of connections between elements, standard input influences, algorithms for the operation of elements under given operating conditions and the corresponding output reactions of the system. In conditions of martial law, additional risks are the negative impacts of potentially dangerous enemy objects, which can be expressed in the risks of using weapons of mass destruction, conventional weapons, electronic warfare means, means of information and psychological influence, etc.

The report analyzed and assessed the risks of using conventional WME against positions and facilities deployed at coastal ranges, which constitute a range base for testing or WME practical use training with a medium and long range outside urban areas. The analysis took into account the tactical and technical characteristics of the russian means of destruction, which have a range of over 150 km, their accuracy and striking characteristics. To reduce the risks of damage to WME and special facilities at the test range, a number of security measures have been proposed, including information training measures, measures to mislead the enemy regarding the time and scale of the planned events, measures for the engineering equipment and camouflage, measures for organizing situational awareness and control over the locations of equipment deployment and temporarily restricted areas in land, air and sea space, measures for other types of support for test range activities and the creation of a background-target environment.

FEATURES APPLICATION OF ASSAULT AUTOMATIC RIFLES MANUFACTURED BY OF THE CONCERN "FORT" UKRAINE

*V. Kotsiuba, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Koplík; P. Miroshnichenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of combat operations of units (subunits) of the Defense Forces of Ukraine confirms the effectiveness of the use of assault automatic rifles of domestic production Fort-227 (229), created according to the classical scheme based on automation with and Fort-221 (224), which are built according to the built according to the bullpup design.

This weapon meets the standards adopted by NATO countries and is manufactured under the license of the Israeli company Israel Military Industries, which is a line of of Galil ACE advanced automatic weapons. A common feature of these assault rifles is the use of 5,56×45 caliber ammunition, which is accepted in many countries in Europe, Asia and America.

The company produces a wide range of other weapons, components and accessories: submachine guns, rifles, hand grenade launchers, pistols, ammunition, ammunition and grenade launchers, and modernizes various AK systems.

Urgent tasks to be solved to provide the Ukrainian Defense Forces with modern weapons and ammunition

creation of an individual, reliable and functional 12 (18) mm submachine gun for effective destruction of FPV drones at a distance of several tens (hundreds) of meters in any weather conditions, day and night;

production of ammunition and rounds of a certain caliber to provide ammunition for various types of weapons used by the military of the Armed Forces of Ukraine;

improvement of the characteristics and functionality of weapons currently used in the units of the Defense Forces of Ukraine and designed to destroy enemy manpower during combat missions.

COMPONENTS OF THE COMBAT CAPABILITIES OF SMALL TACTICAL GROUPS CONSIDERING THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

*S. Huzchenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
S. Teliukov, Candidate of Technical Sciences; V. Yavtushenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of units of the Armed Forces of Ukraine and the actions of the enemy during the Russian-Ukrainian war show that small tactical groups (MTGs) played a significant role in the successful performance of tactical tasks in hostilities.

Analysis of specific tactical episodes observed during hostilities allows us to propose an approach to determining the components of combat capabilities, which is based on the following:

A small tactical group is considered a small unit (up to and including a platoon).

The combat capabilities of a small tactical group can be assessed based on a set of components that determine:

effectiveness: enemy neutralization, protection from enemy strikes, and command and control of the unit during operations.

personnel training, proficiency, and motivation.

availability of reconnaissance assets, countermeasures against enemy tactical-level unmanned aerial vehicles, and comprehensive logistical/logistic support.

The relative importance of these components depends on the specific tasks assigned to a given unit.

The proposed approach and the identified components of STG combat capabilities provide a foundation for developing a methodology or sequence for assessing the effectiveness/effectiveness of STG combat employment.

OPTIMISATION OF THE ORGANISATIONAL STRUCTURE THE AVIATION ENGINEERING SERVICE TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF COMBAT USE FOR AVIATION UNITS IN MODERN WARFARE

*D. Berdochnik, Ph.D.; D. Sizon; L. Poberezhnyi; N. Salna
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern armed conflicts demonstrate the need to adapt the organisational structure of the engineering and aviation service to the changing conditions of combat operations, in particular, to the dispersed basing of aviation units and increased requirements for the efficiency of maintenance.

In order to determine the optimal organisational structure of the aviation engineering service, a study was carried out, within the framework of which alternative options for building the organisational and staffing structure of the aviation engineering service were generated, taking into account the impact of various methods of organising the maintenance of aircraft. The methods of analysis and synthesis, military-economic analysis, and simulation modelling were used to assess the effectiveness of the proposed options.

The results of the study allow assessing the impact of the structure of the aviation engineering service on the efficiency of aircraft maintenance and the level of combat readiness of units. The most effective organisational models that ensure the optimal ratio between the number of aviation engineers, the level of combat readiness and resource consumption are identified. The obtained results can be used to optimise the organisational structure of the aviation engineering service of aviation units, which will contribute to the efficiency of combat use of aviation of the Air Force of Ukraine.

FEATURES OF PREPARATION AND FIGHTING IN THE STEPPE TERRITORY

*Yu. Oliylyk; V. Prokofiev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

On the territory of modern Ukraine, the steppe occupies 240 thousand km², or 40% of the entire territory of the country.

In the steppe area, defense is built on a wider front. During the preparation of a defensive battle in the steppe area, the unit commander, in addition to the usual issues, must organize: conducting reconnaissance to a greater depth than in normal conditions; defeating the advancing enemy from extreme ranges; setting up clearly visible and stable landmarks; carrying out measures to protect firing positions and structures from sand drift, dust suppression when conducting direct fire from tanks and guns.

The fire system is organized taking into account the favorable conditions of the open terrain and the possibility of firing at the enemy at extreme ranges.

When engineering the positions, the walls of trenches and shelters are secured with sandbags, measures are taken to protect the firing positions from sand drifts.

Fire damage to the enemy begins from the maximum range. As the enemy approaches the front edge of the defense, the unit's fire is brought to the maximum.

When organizing an offensive battle in the steppe area, the platoon commander additionally indicates: the azimuth of the direction of the attack, the features of the preparation of munitions, and the prevention of overheating of personnel.

During the fire preparation of the attack, infantry fighting vehicles and tanks are widely used.

Taking into account these features contributes to the successful implementation of the combat missions set by the units in the steppe area.

ROSY RAPID OBSCURING SYSTEM ON UAV

A. Gutchenko; M. Kachan

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

ROSY is a completely new rapid aerosol curtain deployment system (RAPID OBSCURING SYSTEM), created by Rheinmetall Defence to protect equipment from the use of weapons that require direct guidance, such as small arms, RPGs and laser-guided weapons systems.

ROSY can be easily installed on the appropriate type of UAV using a "one-click adapter".

The main difference between ROSY is its mounting system. Firstly, it provides easy and quick installation of a 40 mm grenade launcher unit, and secondly, the units can be installed one on top of the other in any quantity. Only the sensor unit remains permanently installed on the UAV. This provides the following advantages of the system: installation only when necessary for the task (weight savings), quick assembly is usually performed in the camp, simple installation in "one click" (even a "blonde" can do it).

The system is effective in the visible, laser and infrared ranges.

ROSY grenades are fired at a distance of up to 32 m² from the launch base to create camouflage or blinding, a curtain measuring 90 m². The aerosol curtain can be initiated in approximately 0.53 seconds. Under the influence of the aerosol curtain, blinding is carried out and remote mining of the road can be carried out in a short time in front of the "enemy's nose" or a hidden approach of strike UAVs to the enemy's column or positions. That is, strike UAVs are combined with: camouflage means and means of destruction.

COMBAT SERVICE RECOMMENDATIONS ON INCREASING THE EFFECTIVENESS OF COUNTERACTION WITH BARRIERING AMMUNITION

M. Sapoga

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

After detecting an enemy UAV over the unit's position at a distance of 5-10 km and closer than 2-5 km, if possible, immediately move the weapon sample to a safe distance (100-200m), prohibit the personnel from using mobile communications.

Set a task for the personnel who are directly covering the position to destroy the "lancet" ammunition in the air in a timely manner. If it is impossible to destroy it, make a decision to cover the personnel.

For each unit, have 3-4 spare and 1-2 false positions. Ensure an immediate change of positions after the enemy's reconnaissance UAVs fly by within a radius of 10-15 km.

Reserve positions should be chosen at a considerable distance from settlements, in false positions actively carry out measures to simulate life, actively use aerosol camouflage.

For accelerated folding of position elements in order to move to a safe place, remove the vehicles from the jacks, raise and secure the jack brackets using cotter pins, disconnect the power harnesses from the power units.

ANALYSIS OF FACTORS THAT INFLUENCE THE PLANNING AND MANAGEMENT PROCESSES OF AIR FORCE GROUPINGS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE WHEN PERFORMING AIR AND MISSILE DEFENSE TASKS, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE GAINED DURING THE LARGE-SCALE INVASION OF THE RUSSIAN FEDERATION INTO UKRAINE

O. Voznyi

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Based on the analysis of sources, the capabilities of the Air Force groups of the Armed Forces of Ukraine to participate in the performance of air and missile defense tasks are revealed, and the content of planning and management of the use of the Air Force groups of the Armed Forces of Ukraine is analyzed. Factors influencing the process of planning and management of the use of Air Force groups of the Armed Forces of Ukraine are analyzed, the impact of existing planning and management processes on achieving the goal of conducting air and missile defense is determined.

An analysis of the features of planning and management of the Air Force groups of the Armed Forces of Ukraine when performing air and missile defense tasks was conducted, as well as an analysis of the impact of internal and external factors on the effectiveness of planning and management of the Air Force groups of the Armed Forces of Ukraine when performing air and missile defense tasks and qualitative criteria for assessing the planning and management of anti-aircraft missile and fighter aircraft cover of air and missile defense systems according to the components of the capabilities of the Armed Forces of Ukraine have been defined.

The main result obtained is an analysis of factors that influence the process of planning and managing the use of Air Force groups of the Armed Forces of Ukraine Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR AND ITS MULTIDIMENSIONAL IMPACT ON THE SOUTH CAUCASUS

A. Musayev

Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan)

This article examines the multifaceted impact of the Russian-Ukrainian war on the South Caucasus region, comprising Azerbaijan, Armenia, and Georgia. By analyzing political, economic, military-strategic, and humanitarian dimensions, the

study assesses how the conflict escalated since 2022 has reshaped regional dynamics. Politically, the war has forced South Caucasus states to reevaluate their foreign policy orientations amid growing pressure from global powers. The paper explores Georgia's cautious pro-Ukrainian stance, Armenia's internal tensions between Russia and the West, and Azerbaijan's pragmatic balancing strategy.

Economically, the study highlights Azerbaijan's growing importance as a European energy partner and the emerging role of Georgia and Azerbaijan as critical transit hubs due to the disruption of Russian trade routes. Armenia's economic vulnerability due to its dependence on Russia is also addressed. Militarily, the research outlines how Russia's declining presence has undermined its traditional security role, particularly in Armenia, while Türkiye has expanded its strategic influence, especially in Azerbaijan.

The article also investigates humanitarian effects, including increased migration and social unrest, particularly in Georgia. The study concludes that the ongoing war presents both risks and opportunities for the South Caucasus, requiring adaptive strategies and enhanced regional cooperation in a rapidly evolving geopolitical landscape.

Referencies

1. Ralph M. Wrobel, The Chinese Belt and Road Initiative between Economics and Geopolitics: Consequences for Armenia. / Ordnungspolitische Diskurse – Erfurt, No. 2022-1, – p. 23.
2. Piriye, H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War : military-political and military-technical aspects // – Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, – 2023. No. 1 (40). – p. 7-16.

FEATURES OF ENGINEERING RECONNAISSANCE OF WATER SOURCES, ITS EXTRACTION WHEN CONDUCTING COMBAT OPERATIONS IN ARRID REGIONS OF UKRAINE

M. Sapoga; V. Stryzhak

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Currently, water in the south of Ukraine, namely in the Kherson region, is a strategic resource, and taking into account the loss of the Kakhovka reservoir, the absence of rivers and reservoirs on the left bank of the Dnieper, this issue takes on a very important role in the process of planning and conducting combat operations.

The destruction of the Kakhovka HES and the Kakhovka Sea entailed the outflow of groundwater over a very large area. Water deposits were at a deeper distance from the surface of the earth (up to 50 m). Before the destruction of resources, groundwater from low-capacity aquifers lay at a depth of 3 m and was extracted by horizontal fence. Now for military formations from the battalion and above, the main water extraction will be from a greater depth – up to 25 meters or more.

One of the methods of groundwater extraction is the installation of water wells. Water is pumped out of them using a screw pump with a capacity of up to 1.5 m³/h.

Taking into account the above, engineering exploration of water sources should be organized and planned in advance and move behind the second-echelon units in readiness for the search and extraction of water. To provide personnel and equipment with water (at an air temperature of more than +25°C), a battalion must have at least 2-3 wells capable of meeting daily needs for domestic and drinking water – up to 30 liters, and sanitary and technical water – up to 50 liters per

serviceman. Therefore, it is important to plan in advance the preparation of water supply sources as a guarantee of the success of combat operations in arid regions of Ukraine.

Fix the antennas with improvised means (tightening belts), then move 150-200m to a safe city for further completion of folding.

SIMULATION OF CHANGES IN THE OPERATIONAL ENVIRONMENT IN THE MILITARY DECISION-MAKING PROCESS USING THE "DELTA" INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM

S. Lukianov; D. Kozlov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Commanding troops based on a single, automated system to which all commanders on the battlefield have access is a modern NATO approach.

In order to make a justified and timely decision, the unit commander needs to have complete and reliable information about the combat situation in a timely manner.

The use of the "DELTA" situational awareness system when planning a battle provides an opportunity to see what is happening on the battlefield in real time, to exchange information with neighboring units and senior staff, to efficiently organize management, interaction and comprehensive support of troops.

It is proposed to carry out a study of the process of modeling changes in the operational situation during the execution of training tasks on making a military decision using the data of the ICS "DELTA". The study involves cadets who are studying in the framework of the study of combined military disciplines under the educational program of the L-1A professional military education course.

The relevance of the review is due to the achievement by the students of education of the competence to organize a battle and manage a unit in the main types of combat.

As a result of a preliminary study, the implementation of the "DELTA" system platform in the educational process at tactical-special training with cadets of the 4th year showed high efficiency in working out training tasks on battle planning according to the TLP procedure.

THEORETICAL APPROACHES TO CLASSIFYING ARMED CONFLICTS IN MODERN CONFLICTOLOGY

Z. Najafov

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

This article explores the role and significance of classification in the field of military conflictology, emphasizing its value as a methodological tool for organizing, analyzing, and comparing armed conflicts. Classification enables researchers and military analysts to better understand the nature, origins, and dynamics of conflicts, thereby aiding in the development of appropriate response and resolution strategies. The study presents three principal forms of classification: typology, systematics, and taxonomy – each offering a unique perspective on how conflicts can be categorized based on essential characteristics, structural relationships, and hierarchical frameworks.

Key classification criteria discussed include the purpose of conflict (e.g., colonial, national liberation), scale (local to large-scale), methods of warfare (offensive, guerrilla, defensive), theater of operations (land, sea, air, cyber), and moral considerations (just vs. unjust wars). The article also compares Western approaches, such as the "spectrum of conflicts" model, with Russian conflictological perspectives, which integrate Marxist-Leninist theory and contemporary strategic analysis.

By applying a systematic classification framework, military conflictology enhances the ability to interpret complex conflict scenarios, identify patterns, and formulate effective strategies for conflict prevention, management, and resolution.

References

1. Piriyeu, G.K. Modelling of the battle operations. Monograph // H.K. Piriyeu, E.G. Hashimov, A.A. Bayramov / – Baku: Herbi Nashriat. – 2017. – 256 p.
2. Ksenofontov V.A. Military Conflict: Typology and Principles of Conduct. Proceedings of BSTU, 2021, Series 6, No. 1, pp. 161-165.
3. Piriyeu, H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War : military-political and military-technical aspects // – Baku : Proceedings of the Heydar Aliyev Military Institute, – 2023. No. 1 (40). – p. 7-16.
4. Hashimov, E.G. Iskandarov, Kh.I., Sadiyev S.S. The role the Armed Forces likely to play in future conflicts // Civitas Et Lex. Kwartalnik. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, 2019, 1(21), p.p. 25-35. DOI: <https://doi.org/10.31648/cetl.2873>.
5. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition // Proc. of Vth International Scientific Technical conference Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – C. 23-24.

DECISION-MAKING AS A KEY ELEMENT OF THE COMMANDER'S MANAGEMENT ACTIVITIES

V. Sluzhenko¹; I. Laptiev²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Defense University of Ukraine

War is always danger, fear and uncertainty. The constant threat to health and life, psychological and physical stress, loss of comrades, the threat of being captured all this falls on the shoulders of the commander. No civilian leader can simply imagine the difficulties a commander faces when making a decision during or before a battle.

Decision-making is a key process of a commander's managerial activity. The effectiveness of management is determined by the quality and timeliness of decisions made, because they determine the directions of actions of subordinates, ensure coordination of work and contribute to the achievement of set goals.

The decision-making process by the commander is constant, it is adjusted depending on the changing situation during the execution of the task. Operational decisions are made by the commander quickly based on the current situation and are aimed at solving short-term or urgent tasks. Strategic decisions are made by the commander with a long-term perspective, they are aimed at ensuring success in the implementation of the main strategy or plan through the solution of current goals.

Decision-making is a key element of a commander's management activity. The success of the assigned tasks, the efficiency of the units' work, and the preservation of personnel depend on how accurate and timely the decisions are. The commander

must constantly improve his decision-making skills, taking into account both strategic and tactical factors, for the successful management of subordinates and the timely and high-quality fulfillment of assigned tasks.

MANAGED OPERATIONAL UNCERTAINTY OF THE ENEMY

O. Ivanov¹; V. Pomogaibo¹; V. Yelin²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Defense University of Ukraine

Operational command and control of troops is always characterized by a certain level of uncertainty, which has informational, situational, and psychological components and is a phenomenon that can be both a threat and a tool for achieving an advantage. Uncertainty is a state of not knowing or being unpredictable. Operational uncertainty is inherent in the dynamics of the combat environment, the lack, contradiction, or excess of information, stress, fatigue, the cognitive load on decision-makers, and the risk of making wrong or ineffective decisions. This contributes to the manifestation of certain patterns of behavior of commanders, which can both contribute to effective decisions and create risks of ineffective decisions.

The subject of the study is to achieve controlled operational uncertainty of the enemy. The focus is on such aspects as creating uncertainty and ensuring a balance between information control and "deliberate chaos". To create uncertainty, a set of tactical, informational, technical, and psychological measures is used. The combination of modern information technology and human thinking is certainly effective.

The basis of the enemy's uncertainty is the operational unpredictability of possible actions of the opposing forces.

The enemy's forces and intentions may change over time. An uncontrolled increase in operational unpredictability can contribute to a decrease in one's own combat effectiveness. It is important to take into account the enemy's decision-making processes. The impact of uncertainty depends on its level, which is assessed through the quality of the information situation in the combat environment.

The use of automated decision support systems allows us to analyze combat scenarios and model their development.

ПОБУДОВА МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О.О. Лаврут, д.т.н., проф.; Т.В. Лаврут, к.геогр.н., ст.д.;

В.О. Колесник; В.В. Кісілевич

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Мережева інфраструктура інформаційно-комунікаційних систем (ІКС) є основою багатьох найважливіших процесів і служб установи чи організації, і тому її якість безпосередньо відбивається на якості послуг, які ця установа надає клієнтам ІКС. Основна вимога, що висувається до ІКС: програми та сервіси повинні бути доступними. Саме тому до мережевої інфраструктури ІКС висуваються наступні вимоги:

- надійність, масштабованість, керованість;
- безпека, рентабельність, ефективність;
- висока продуктивність, можливість впроваджувати нові рішення та реалізовувати нові сервіси з мінімальними затратами.

На відміну від мережевої інфраструктури загального призначення, наприклад, мережі Інтернет, в якій провайдери першого рівня мають досить розвинену кабельну інфраструктуру та рознесену інфраструктуру датацентрів, під час побудови або модернізації мережевої інфраструктури ІКС спеціального призначення (СП) на етапі складання технічного завдання (ТЗ) на будівництво або модернізацію ІКС СП з метою визначення рентабельності ІКС СП додатковим критерієм до надійності мережевої інфраструктури доцільно вказати і кількість вузлів мережі з розташованими на них сервісами (основних та резервних), а також кількість вузлів першого рівня, через які буде здійснюватися маршрутизація трафіку ІКС СП до сервісів та в зворотному напрямку.

СТВОРЕННЯ КОНСУЛЬТАТИВНО-ДОРАДЧИХ ЦЕНТРІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАУКОВОГО ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА З ДЕРЖАВАМИ-ПАРТНЕРАМИ

О.В. Філіппенков, д.філос.; А.В. Власов, к.т.н., ст.д.;

І.О. Жуков; Д.М. Шабанов

Навчально-науковий випробувальний полігон

високотехнологічного озброєння та військової техніки

Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Враховуючи досвід протистояння України збройній агресії РФ починаючи з 2014 року, підтримка партнерів є надважливою. Довіра країн-партнерів може бути викликана низкою факторів, одним із яких є ефективне наукове і науково-технічне співробітництво в інтересах Збройних Сил України.

Аналіз національної нормативно-правової бази щодо наукового та науково-технічного співробітництва з державами-партнерами, цільового призначення та завдань існуючих консультативно-дорадчих органів в системі Міністерства оборони України, їх взаємозв'язків та координуючих дій, дослідження їх повноважень, завдань та основних функцій обумовлює внесення змін щодо порядку організації їх діяльності. Сектор безпеки та оборони України має та повинен системно оновити організацію, планування та реалізацію наукового і науково-технічного співробітництва відповідно до вимог сучасності і досвіду країн-партнерів за цим напрямом.

В доповіді подано результати досліджень та практичні рекомендації щодо розвантаженні структурних підрозділів ЗС України від виконання не притаманних їм функціональних обов'язків та визначення (розмежування) їх повноважень з питань наукового та науково-технічного співробітництва з державами-партнерами у воєнній сфері, переформатування існуючої системи консультативно-дорадчих центрів за напрямом наукової та науково-технічної діяльності.

ПРОБЛЕМИ БОРЬБИ З КРИЛАТИМИ, БАЛІСТИЧНИМИ ТА ГІПЕРЗВУКОВИМИ РАКЕТАМИ, ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

О.Б. Степанов, к.військ.н., доц.; П.В. Щипанський, к.військ.н., проф.;
П.В. Оріховський; С.М. Базіло, д.філос.
Національний університет оборони України

Аналіз локальних війн і збройних конфліктів останніх десятиріч та широкомасштабна агресія російської федерації проти України свідчить, що в сучасних умовах успіх будь-якої воєнної компанії залежить від результатів збройної боротьби у повітряному просторі.

З початку широкомасштабної агресії російська федерація завдала ракетні удари по території України у складі більше 10000 ракет різних типів (крилаті ракети повітряного, морського, наземного базування, балістичні ракети та інші), в тому числі більше 120 гіперзвукових ракет. Цілями удару стали військові об'єкти, порти, об'єкти критичної інфраструктури та цивільні об'єкти.

На підставі проведеного аналізу досвіду слід очікувати, що тактичні та оперативні крилаті, балістичні та перспективні гіперзвукові ракети в майбутніх війнах і конфліктах залишатимуться важливим засобом нанесення ракетних ударів по важливих об'єктах військового та державного управління, системі ППО. На початковому етапі війни під час повітряної (повітряно-наступальної) операції слід очікувати декілька масованих ракетно-авіаційних ударів, у першому ешелоні яких поряд з КР та БР можуть застосовуватись ГЗКР для прориву системи ППО та дезорганізації системи управління. Застосуванню ним в ударах необхідно протиставити адекватні заходи, які повинні мати комплексний характер щодо їх виявлення системою розвідки, оповіщення про їх застосування, знищення активними засобами системи ППО (ПРО), а також протидії їхньому ефективному використанню.

ЗМІНИ У ПРОТИБОРСТВІ В ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ МІЖ ЗАСОБАМИ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ТА ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

О.Б. Титаренко, к.військ.н., доц.;
Ю.О. Горобець, к.військ.н., доц.; Є.В. Власенко; С.В. Яременко
Національний університет оборони України

Російсько-українська війна стала випробуванням для сучасних систем протиповітряної оборони (ППО) та засобів повітряного нападу (ЗПН). РФ широко застосовує високоточне озброєння, безпілотні літальні апарати (БПЛА) та засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ), прагнучи прорвати українську систему ППО. У відповідь Україна активно модернізує ППО, інтегруючи західні технології, змінюючи тактичні підходи та адаптуючись до нових викликів у повітряному просторі.

Еволюція повітряного протиборства демонструє постійний зсув у балансі між нападом та обороною. Спочатку РФ застосовувала ракетно-авіаційні удари (РАУ), розраховуючи на швидке знищення українських систем ППО. Проте її ефективна робота змусила російську армію адаптувати свої підходи: зросло використання дронів-камікадзе, хибних цілей, радіоелектронних атак та комбінованих повітряних ударів. Зі свого боку Україна отримала та

інтегрувала сучасні системи ППО (Patriot, NASAMS, IRIS-T), що дозволило ефективно протидіяти крилатим і балістичним ракетам. Наразі повітряне протиборство набуває ознак “війни на виснаження”. Росія використовує дешеві дрони, намагаючись вичерпати ресурси української ППО.

Таким чином, динаміка повітряного протистояння свідчить про поступовий перехід від традиційної ракетно-авіаційної війни до високотехнологічного протиборства, де ключову роль відіграють автоматизація, штучний інтелект та адаптованість бойових систем до нових загроз. Подальше вдосконалення системи ППО та міжнародна підтримка стануть визначальними факторами у майбутньому повітряному протиборстві.

ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ РОЗПОДІЛУ ЗУСИЛЬ РІЗНОРІДНИХ ЗАСОБІВ УГРУПОВАННЯ ВІЙСЬ (СИЛ) ЗА БОЙОВИМИ ЗАВДАННЯМИ

А.О. Зварич, к.військ.н., ст.д.

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

Сучасні тенденції збройної боротьби, вдосконалення способів застосування військ (сил) ставлять підвищені вимоги до планування операцій (бойових дій) угруповань військ (сил), зокрема пошуку раціональних варіантів розподілу зусиль різнорідних засобів за завданнями.

Обґрунтування раціональних способів застосування угруповань військ (сил) – ключова задача предметної області дослідження операцій, де на теперішній час розрахунки виконуються, переважно, для одного варіанта дій противника. За реального різноманіття умов бойових дій, де противник має можливість оптимального розподілу своїх ресурсів, такі підходи дають значну похибку.

Усе це спонукає до пошуку та реалізації нових методичних підходів до оптимізації бойових дій різнорідних засобів як основи для обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ефективності їх застосування в складі угруповань військ (сил).

Пропонується удосконалена методика розподілу зусиль різнорідних засобів за завданнями в операції угруповання військ (сил), що базується на аналітичній динамічній моделі. У ній, на відміну від існуючих, на основі теорії диференціальних ігор процес планування застосування різнорідних засобів зведений до розв’язання оптимізаційної за дві сторони задачі за мінімаксімним критерієм у вигляді нелінійної інтегральної згортки показників. Рішення знаходиться у вигляді дискретних за днями операції часових функцій управління. Такий підхід дає змогу обґрунтувати раціональний варіант розподілу різнорідних засобів за завданнями та етапами ведення бойових дій.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНИМ ПРИКРИТТЯМ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

В.М. Горбенко, к.військ.н., доц.; О.Б. Титаренко, к.військ.н., доц.;

А.В. Сідаш; О.В. Мостовий

Національний університет оборони України

Досвід триваючої російсько-української війни свідчить про стійку тенденцію зростання ролі засобів повітряного нападу (ЗПН) в умовах сучасних операцій.

Існуючі можливості ЗС України щодо прикриття військ та об'єктів від ударів з повітря характеризуються з одного боку, маневреністю дій військ (сил) під час ведення операцій, а з іншого – обмеженістю маневрових можливостей сил та засобів зенітного ракетного прикриття. Це висуває на перше місце винищувальну авіацію (ВА), як силу, здатну миттєво відреагувати на зміни у повітряній обстановці.

Одним з напрямків підвищення ефективності організації управління підсистемою авіаційного прикриття під час виконання завдань протиповітряної оборони в операціях сил оборони є створення інтегрованої системи ППО. Враховуючи прагнення України до набуття членства в НАТО та досвід країн-партнерів щодо створення АСУ повітряними силами доцільно розглянути АСУ Air Command and Control System (ACCS), як найбільш сучасну АСУ авіації та ППО країни НАТО. Дана АСУ забезпечує інтеграцію контролю та управління всіма видами авіаційних сил. Переваги інтегрованої системи управління авіацією та ППО це швидке прийняття рішень, зниження ризику friendly fire завдяки ефективній ідентифікації цілей, підвищення ефективності дій авіації та ППО, можливість інтеграції різних типів військових засобів (авіація, наземні війська, ракети тощо).

ВПРОВАДЖЕННЯ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ ПЛАНУВАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР ЗА СТАНДАРТАМИ НАТО

С.Ю. Мухін, д.філос.

Національний університет оборони України

Станом на сьогоднішній день триває активне обговорення можливості впровадження у ЗС України планувальних процедур за стандартами країн-членів НАТО. Однією з таких процедур є MDMP (Military decision making process) – військовий процес прийняття рішення.

MDMP – це структурований підхід до вирішення військових завдань, який використовується у збройних силах багатьох країн, для аналізу ситуацій та планування операцій. Цей процес допомагає командирам і їхнім підлеглим ухвалювати обґрунтовані та обдумані рішення в умовах невизначеності та стресу бойової обстановки. Процес відповідає за спільне та паралельне планування, при якому вище розташований командний штаб постійно звертається до отримання даних і неперервно обмінюється інформацією стосовно майбутніх операцій з підлеглими одиницями, взаємодіючими компонентами та підрозділами.

У ЗС України цей процес впроваджено у Десантно-штурмових військах. Одним з проблемних питань щодо впровадження процесу MDMP є те, що він має прийти на заміну процесу планування, визначеному у “Настанові з оперативної роботи штабів, частина II (військова частина)” (далі – НОР).

При цьому послідовність процедур двох зазначених процесів має певні відмінності. Але в НОРі, на відміну від MDMP, враховано специфіку окремих видів та родів військ ЗС України. Зокрема, велика увага приділяється особливостям відпрацювання документів на окремих етапах планування у військових частинах авіації, зенітних ракетних військ та радіотехнічних військ Повітряних Сил ЗС України. В той час, як процес MDMP цих особливостей не враховує.

Порушене питання вимагає ретельного дослідження та опрацювання з метою прийняття оптимального рішення для виконання завдань планування бойових дій в умовах сучасної війни.

НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ МЕНТОРСТВО З ПИТАНЬ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗРАЗКІВ ОВТ

*О.В. Філіппенков, д.філос.; А.В. Власов, к.т.н., ст.д.; І.Г. Ячна; І.О. Жуков
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

В теперішніх умовах збройної агресії російської федерації існує нагальна потреба щодо збільшення обсягів з розроблення та виготовлення вітчизняними виробниками сучасних зразків озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) з перевіркою відповідності тактико-технічних характеристик цих зразків за результатами проведення випробувань.

З метою зменшення часу на етапи підготовки й проведення випробувань, професійного становлення, розвитку й адаптації виробників ОВТ, підвищення ефективності координації дій усіх зацікавлених сторін в Інституті запроваджено менторство. Це розширює можливості співпраці виробників ОВТ з більш досвідченими колегами, забезпечує регулярний зворотний зв'язок і підтримку, допомагає розвинути потребу в постійному удосконаленні та засвоїти основи випробувальної діяльності для організації та проведення заводських (попередніх) випробувань ОВТ з метою подальшої кодифікації зразків ОВТ та введення їх в експлуатацію в Збройних Силах України, інших складових сил оборони.

В доповіді подано результати аналізу досвіду та досліджень щодо порядку організації менторської підтримки вітчизняним виробникам зразків ОВТ, його координації, основні права та рекомендації для ментора і менті, основні пропозиції щодо їх удосконалення.

ОБГРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ ЩОДО БОРОТЬБИ З ЗАГРОЗАМИ УДАРІВ БАЛІСТИЧНИМИ РАКЕТАМИ

В.М. Горбенко¹, к.військ.н., доц.; В.В. Кіреєнко¹, к.військ.н., доц.;
В.В. Камінський¹, к.військ.н., доц.; Л.Л. Побережний²

¹Національний університет оборони України;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Досвід ведення протиповітряної оборони України з початку широкомасштабного вторгнення російської федерації свідчить про стійку тенденцію щодо зростання кількості застосування балістичних ракет (БР) противника, використання різних класів та типів БР для ураження, як військових об'єктів так і об'єктів критичної інфраструктури. Зміна тактики дій повітряного противника, його швидка адаптація до змін в повітряному операційному середовищі визначають важливість побудови ефективної протиракетної оборони (ПРО) в сучасних умовах та пошуку нових шляхів протидії ракетним загрозам. Один з підходів передбачає застосування безпілотних авіаційних комплексів, які здійснюють повітряну розвідку над

імовірними районами дислокації та розгортання мобільних пускових установок БР (TEL – Transporter Erector Launcher) та передають точну інформацію про виявлені цілі до пункту управління ПРО. Також можуть бути застосовані такі повітряні платформи, як E-3C (AWACS – Airborne Warning And Control System) або E-8 (JSTARS – Joint Surveillance and Target Attack Radar System). Концепція даної системи базувалася на побудові багаторівневої системи ПРО.

Метою дослідження є проведення аналізу досвіду застосування балістичних ракет в локальних війнах та збройних конфліктах, аналізу способів протидії загрозам ударів сучасних БР з метою визначення потрібних заходів щодо побудови ефективної системи протиракетної оборони з врахування факторів, які були отримані, в тому числі, під час застосування БР в російсько-українській війні.

FEATURES OF USING THE METHOD BASED ON THE ASSESSMENT OF CAPABILITIES TO SOLVE THE TASKS OF PROTECTING CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES OF UKRAINE FROM AIR ATTACK

M. Deniezhkin¹, Doctor of Military Sciences, Professor;

I. Romanenko², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹Central Research Institute of the Armed Forces;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The relevance of the problem under study is that the method of development of the Armed Forces, based on the assessment of capabilities, is adapted to solve the tasks of protecting critical infrastructure facilities of Ukraine from air attacks, where, in addition to military forces and means, security forces, civilian means are used. As a result, there is a need to take into account the specifics of the tasks, the conditions for their implementation, as well as the properties of the protection facilities to ensure their uninterrupted functioning and restoration in the event of damage. Due to the fact that the article is aimed at revealing the features of using the method based on the assessment of capabilities to solve the tasks of protecting critical infrastructure of Ukraine, the purpose of the article is to highlight the features of using the method based on the assessment of capabilities to solve the tasks of protecting critical infrastructure facilities of Ukraine from air attacks. The proposed method is based on the use of the difference in requirements for indicators of the ability of forces and means of protecting objects to create operational effects (obtain results) and current indicators to obtain the necessary measures of changing the basic components (parts of capabilities) to bring the current indicators of the ability to the requirements for them.

The list of these measures is used to calculate the necessary resources and their cost, time for implementation, and the selection of the performer. The article presents the main features of using the method to solve the task, identifies and discloses the content and their impact on the intermediate and final results of the research, substantiates the characteristics of the indicators of the development of forces and means of protecting critical objects to perform the tasks set. The materials of the article are of practical value for departments of ministries, agencies, educational institutions for the use of experience in adapting the known method to solve not only purely military tasks.

METHODOLOGICAL SUPPORT FOR CAPABILITY ASSESSMENT PLANNING

O. Malyshev¹, Candidate of Technical Sciences; O. Patyukov²

*¹Institute of Problems of Mathematical Machines and Systems
of the National Academy of Sciences of Ukraine;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

An essential part of managing the capabilities of organizational structures and organizations as a whole is to assess the current state of these capabilities. This activity should be carefully planned. The assessment planning should be based on the availability of:

- existing requirements to the assessed object – the bearer of capabilities, on the one hand, and requirements to its capabilities, on the other;
- methods and means of determining the current level of provision of the capability carrier with each of the necessary types of resources;
- methods and means for determining the actual level of each of the required capabilities of the carrier;
- scales for evaluating the data obtained on the levels of resource availability and capabilities;
- necessary information technologies to support the assessment process;
- a set of documentation that should accompany the assessment process, in particular, to support expert work;
- trained personnel capable of carrying out the necessary activities to obtain objective data and their evaluation;

A set of measures has been developed to maintain the secrecy of the work performed and its results.

The development of plans for conducting assessment activities should take into account the need for direct participation in assessment activities, in particular, testing of capabilities, by the personnel of the capability holder, and the risks that may arise due to possible distraction from the performance of direct official duties.

ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ-ПРИКОРДОННИКІВ ЯК ОСНОВА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОНАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ ЗАВДАНЬ

Л.О. Балагур, к.пед.н., доц.; М.О. Філіппов, к.психол.н., доц.

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Б. Хмельницького*

Ризики та виклики в системі захисту України від російського вторгнення, з якими зіткнулася Україна сьогодні провокують формування нового бачення та стратегій, а також оновлення уявлень про національну безпеку та механізми її захисту. Сучасні процеси глобалізації породили небезпеки, привносячи до структури міждержавних відносин нові асиметрії, диспропорції, деформації, активізацію інтеграційних процесів на глобальному і регіональному рівнях, формування нових міжнародних відносин, нових структур, зокрема у сфері воєнної безпеки. Нині активізувалася потреба осмислення та впровадження нових стандартів у підготовці персоналу відповідних органів, в межах базових компетенцій яких реалізація заходів із державної та національної безпеки.

Одним з різновидів національної безпеки є прикордонна безпека, що визначається як ступінь захищеності життєво важливих інтересів особи, суспільства і держави в її прикордонній сфері, при якій суспільству, державі та особі не завдається шкоди, а навпаки, створюються умови для реалізації їхніх інтересів, пов'язаних із свободою пересування через державний кордон, оперативно виявляються та припиняються правопорушення, здійснюється протидія загрозам національній безпеці на кордоні та планомірна діяльність з усунення причин їх виникнення. В системі національної безпеки вона представляє, не один з її видів, а одну з її специфічних областей, тому що йдеться про безпеку національних інтересів навіть не у певному просторі України, а у прикордонній сфері, яка значно ширша за територіальні межі держави. Одним з основних суб'єктів системи прикордонної безпеки є ДПСУ, яка є також складовою сектору безпеки і оборони України.

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНОЮ В ОПЕРАЦІЯХ, ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

О.Б. Титаренко, к.військ.н., доц.; В.В. Ткачов, к.військ.н., проф.;

Ю.М. Клабац; С.О. Семітко

Національний університет оборони України

Противітряна оборона (ППО) в ході ведення операцій стала таким же вирішальним фактором як і співвідношення сторін, що воюють, як і співвідношення бойових засобів, що застосовуються. Це обумовлено рішучим і маневреним характером бойових дій, швидкоплинною зміною обстановки, необхідністю підтримання безперервної взаємодії між підрозділами, військовими частинами, з'єднаннями та об'єднаннями, що залучаються до противітряної оборони.

Обсяг завдань, які покладаються на систему ППО в операції (кампанії) сил оборони та способи їх виконання висувають підвищені вимоги до створеної системи управління.

Отже, удосконалення системи управління ППО в операціях повинно бути реалізованим на основі єдиного системного підходу, використання новітніх інформаційних технологій і автоматизації завдань управління для побудови сучасної просторово-розподіленої інформаційно-бойової системи ППО України.

Таким чином, одним з ключових факторів реалізації роботи командувачів (командирів) є забезпечення стійкості управління під час ведення противітряної оборони в операції сил оборони у зоні відповідальності повітряних командувань відповідно до меж створених угруповань військ (сил).

Централізоване управління і децентралізоване виконання дадуть змогу забезпечити широку глобальну або повномасштабну спрямованість на театрі воєнних дій, проявляючи оперативну гнучкість для досягнення відповідних цілей. Вони забезпечать концентрацію зусиль, зберігаючи при цьому економію сил.

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА СКЛАДАННЯ ТАБЛИЦЬ СТРІЛЬБИ ДЛЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СИСТЕМ

*А.М. Ліцман, к.т.н., доц.; Ю.В. Міщенко
Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Широкомасштабна війна російської федерації проти України створила передумови до надання країнами-партнерами значної кількості артилерійських систем та боеприпасів іноземного виробництва. Наразі іноземні артилерійські системи постачаються не тільки зі штатними боеприпасами, а й з боеприпасами, які мають сумісні конструктивні характеристики, але не мають таблиць для стрільби ними.

Існуючі підходи до складання таблиць стрільби не задовольняють вимоги сьогодення у зв'язку зі значними витратами часу та ресурсного забезпечення.

Також виникає необхідність урахування підходів та стандартів до складання таблиць стрільби, які використовуються в країнах-членах НАТО, що відповідає стратегічному курсу держави на набуття повноправного членства в Організації Північноатлантичного договору.

У доповіді представлено удосконалену методику складання таблиць стрільби для артилерійських систем, що застосовують боеприпаси звичайного спорядження тобто які рухаються виключно по балістичній траєкторії. Дана методика ґрунтується на удосконаленій математичній моделі руху боеприпаса по траєкторії та методиці визначення балістичних властивостей боеприпаса.

Усі розрахунки проводяться на автоматизованій системі для створення таблиць стрільби, розробленій у НДЦ РВіА.

Розроблена удосконалена методика складання таблиць стрільби для артилерійських систем, що застосовують боеприпаси звичайного спорядження, порівняно з існуючою вітчизняною методикою дозволила скоротити час на складання таблиць стрільби у 3 рази, зменшити кількість боеприпасів для їх складання у 5-10 разів, а також значно скоротити перелік засобів матеріального забезпечення та вимог до об'єктів випробувальної бази.

РОЛЬ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ПІДТРИМКИ В УПРАВЛІННІ ПІДРОЗДІЛАМИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*І.В. Петлюк, к.т.н., ст.д.; Є.В. Рижов, к.т.н., ст.д.; С.М. Гелета; К.К. Істомін
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Сучасний розвиток інформаційних технологій дав поштовх розвитку геопросторової (топогеодезичної та навігаційної) підтримки, що дозволяє на більш якісному рівні вирішувати завдання щодо управління військами та наземними рухомими об'єктами (НРО) військового призначення, особливо в ході російсько-української війни.

Виконання завдань геопросторової підтримки військ (сил) за будь-яких умов обстановки досягається шляхом створення, впровадження і подальшого розвитку системи топогеодезичного і навігаційного забезпечення.

В процесі функціонування системи геопросторової підтримки ЗС України повинна бути передбачена організація постійної взаємодії з іншими підсистемами та елементами системи космічного навігаційно-часового забезпечення України. Взаємодія передбачає отримання (передавання) за

спеціальним запитом вихідної інформації у цифровому вигляді за допомогою телекомунікаційної мережі. В окремих випадках обмін інформацією може здійснюватися за допомогою магнітних носіїв різних типів. Тому навігаційний процес у системах управління рухом НРО складається з послідовних операцій, які треба враховувати для постійного визначення місця розташування військ і НРО (БТР, БМП, танка, самохідно артилерійських та протитанкових засобів), та більш ефективного планування і ведення бойових дій, застосування озброєння і військової техніки, створення сприятливих умов для точного та безпечного переміщення наземних об'єктів.

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ З УРАХУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЇ ВІД БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В ОПЕРАЦІЇ УГРУПОВАННЯ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ

*О.І. Луцевят¹; Я.В. Ярошенко¹, Ph.D.; А.С. Ярошенко²;
М.Ю. Миронюк¹, к.військ.н., ст.д.*

¹Національний університет оборони України;

²Державний науково-дослідний інститут авіації

Особливості повномасштабної збройної агресії з боку російської федерації, обмеженість ресурсів, зміна існуючих форм і способів застосування угруповань військ під впливом сучасного озброєння та військової техніки та широкого застосування безпілотних (безкіпажних) апаратів визначає необхідність розробки автоматизованих системи управління (АСУ) військами та зброєю, раціонального планування та ефективного використання наявних ресурсів, пошуку нових методів підвищення ефективності сил та засобів в сучасних умовах ведення розвідки та вогневого ураження противника.

У доповіді, в загальному вигляді, розглянуті поняття ситуаційної обізнаності, особливості систем ситуаційної обізнаності, їх місце в АСУ військами (озброєнням), проведено аналіз факторів, що впливають на ефективність системи ситуаційної обізнаності з урахуванням інформації від безпілотних літальних апаратів (БпЛА).

За результатами оцінювання факторів, найбільший вплив на ефективність системи ситуаційної обізнаності мають групи факторів, такі як: “технічні характеристики БпЛА” (радіус дії та автономність, якість сенсорів і обладнання, стійкість до засобів РЕБ та час перебування в повітрі); “інтеграція з наземними системами” (обмін даними в реальному часі, синхронізація з наземними сенсорами та системами управління, координація дій між операторами БпЛА і наземними підрозділами).

ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ, ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

О.Б. Титаренко, к.військ.н., доц.; П.В. Оріховський;

О.О. Риб'янець; Ю.Л. Перепилиця

Національний університет оборони України

Хід війн і військових конфліктів останніх років та безпосередньо досвід російсько-української війни свідчить, що бойові дії починаються з проведення повітряної наступальної операції або ретельно спланованих ракетно-

авіаційних ударів, у ході яких поряд з тактичною метою на тривалий період може ставитися стратегічна мета – нанесення такого воєнного та економічного збитку, який суттєво знижує спроможність сторони, що обороняється, продовжувати бойові дії. При цьому роль засобів протиповітряної оборони (ППО) у воєнному протигорстві стає вирішальною.

Основою забезпечення успіху у боротьбі із засобами повітряного нападу слід вважати щільну, глибоко ешелоновану систему ППО з різноманітними засобами виявлення і ураження повітряних цілей. Побудова такої системи ППО вимагає глибоких досліджень бойових можливостей сучасних засобів повітряного нападу та тактики їх дій, знаходження методів надійного виявлення та ураження повітряних цілей, наукового обґрунтування рішень, які приймаються щодо протиповітряної оборони, організації та здійснення всебічного інформаційного забезпечення процесів управління силами та засобами протиповітряної оборони.

В доповіді викладені проблеми функціонування і побудови системи ППО та шляхи їх вирішення.

На основі узагальнення досвіду ведення збройних конфліктів останніх десятиріч, російсько-української війни обґрунтовані вимоги до раціональної побудови системи протиповітряної оборони з урахуванням основних принципів її побудови.

МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВЗАЄМОДІЇ МІЖВИДОМЧИХ СКЛАДОВИХ СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ В УМОВАХ АСИМЕТРИЧНОГО ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

*Ю.А. Дзюбенко, к.військ.н., доц.; Г.С. Степанов, к.військ.н., доц.;
Є.К. Каржау; П.П. Бердичівський
Національний університет оборони України*

Асиметричне ведення бойових дій вимагає від Сил оборони України нових підходів до взаємодії між різними відомствами. Ефективна координація між військовими, правоохоронними органами та цивільними структурами є критично важливою для забезпечення національної безпеки. Особливої актуальності це завдання набуває в умовах ведення повномасштабних бойових дій.

В доповіді визначено зміст заходів, впровадження яких сприятиме підвищенню взаємодії в ході забезпечення кіберзахисту національних структур, інформаційних систем та баз даних, які можуть бути використані як інструмент асиметричної війни.

Основними з них є: оцінка ризиків (ідентифікація вразливостей та аналіз загроз); міжвідомча координація для забезпечення співпраці між різними державними структурами, приватним сектором та міжнародними партнерами для обміну інформацією та ресурсами; встановлення стандартів безпеки для організацій, які працюють у критичних секторах, таких як еренгетика, транспорт та зв'язок; впровадження систем захисту (систем виявлення вторгнень (IDS), антивірусних програм та рішення для захисту від DDoS-атак); сумісні навчання та підготовка персоналу (включаючи організацію навчальних симуляцій кібератак для перевірки готовності системи реагування на інциденти); впровадження систем для постійного моніторингу мережі та виявлення аномальної активності; розробка чітких процедур для реагування на кіберінциденти, включаючи виявлення, аналіз, усунення та відновлення.

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

О.М. Гресь

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

Ефективне управління військами є критично важливим для успішного ведення бойових дій в умовах російсько-української війни.

Основні проблеми управління військами:

Недостатня координація між підрозділами: проблеми з комунікацією в умовах інтенсивних бойових дій.

Застарілі управлінські методи: брак сучасних технологій та адаптації до динамічних умов війни.

Кадрові проблеми: нестача досвідчених командирів, високі втрати офіцерського складу.

Психологічне навантаження: вплив стресових ситуацій на прийняття рішень.

Потреба у цифровізації процесів управління військами для підвищення оперативності та точності дій командування.

Логістичне забезпечення, зокрема затримки у постачанні озброєння, амуніції та ресурсів: важливість оперативного та своєчасного забезпечення військ для ефективного ведення бойових дій.

Мотивація та дисципліна: підтримка морального духу та згуртованості військових колективів, зміцнення авторитету командного складу через ефективне лідерство.

Отже, впровадження сучасних технологій у систему командування; підвищення рівня підготовки командирів та інструкторів; покращення комунікації та координації між різними підрозділами; забезпечення психологічної підтримки для командного складу та військовослужбовців може сприяти вирішенню проблем управління військами в умовах війни.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОЮ ОБОРОНОЮ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.; П.В. Щипанський, к.військ.н., проф.;

Д.Л. Гургуц; Ю.М. Клабан

Національний університет оборони України

Актуальність наведеної задачі підкреслюється зростаючими можливостями засобів повітряного нападу противника (швидкість, діапазон, мобільність, точність, прихованість, летальність), які вимагають від системи протиповітряної оборони (ППО) України гнучкості та інтегрованості для забезпечення ефективної їм протидії.

В доповіді для вирішення наведеної задачі визначені основні умови і фактори, які впливають на ефективність системи управління ППО в операціях сил оборони, а саме широке застосування високоточної зброї, зростання ролі ударних та розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів, які застосовуються для вирішення тактичних, оперативних та стратегічних

завдань, а також збільшення можливостей засобів радіоелектронної боротьби; набуття операціями об'ємного та високоманеврового характеру з одночасним проведенням взаємопов'язаних дій різних складових Сил оборони; підвищення уваги до захисту від нападу з повітря як стратегічного завдання Сил оборони.

З метою удосконалення системи управління ППО України доцільно реалізувати єдиний системний підхід:

єдність зусиль, централізоване планування та децентралізоване виконання повинні бути ключовими аспектами плану ППО України, який є невід'ємною частиною плану кампанії Сил оборони України.

використання новітніх інформаційних технологій і автоматизації виконання завдань системою управління для побудови сучасної просторово-розподіленої інформаційно-бойової системи ППО України.

MULTI-AGENT APPROACH AS A BASIS FOR CREATING A MISSILE DEFENSE SYSTEM

A. Morozov, Academician of NASU; I. Romanenko, Doctor of Science;

A. Yalovets, Doctor of Science

*The Institute of Mathematical Machines and Systems Problems
of National Academy of Sciences of Ukraine*

One of the Institute's research areas is the creation of an automatic control system (ACS) to solve missile/air defense problems in Ukraine.

The main novelty of the research is that the ACS will be a multi-agent system (MAS), which can be the basis for the creation of a missile defense system. It is assumed that the MAS will be capable of simultaneously controlling a number of interceptor missiles in real time, the number of which will be equal to the number of detected enemy missiles that need to be intercepted and destroyed at the current moment. The MAS will be based on original algorithms for intercepting moving targets.

The process of intercepting targets as a pursuit/escape process is traditionally studied by the methods of differential game theory, a branch of game theory that studies the control of a dynamic system in conflict situations. However, the methods of differential game theory can only be used to study fairly simple situations in which a limited number of pursuers/escapers moving in a straight line and at a constant speed are considered. The multi-agent approach, which is used in our research, does not have such limitations.

The report will outline the formulation of the problem of pursuit/escape in three-dimensional space and characterize the main methods that are being developed.

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ ТА НАПРЯМИ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

І.В. Кошельник; А.Г. Бриковський

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Б. Хмельницького*

Сучасне військове управління зіштовхується з численними викликами, які обумовлені швидкою зміною характеру бойових дій, розвитком технологічного прогресу та особливостями сучасного інформаційного середовища. Ефективність управління військами впливає не тільки на

оперативний успіх виконання бойового завдання, але й на загальну стратегію ведення бойових дій та війни в цілому. Динаміка бойових дій у сучасних війнах характеризується стрімкими змінами обстановки, які впливають на процес виконання бойового завдання, зокрема: застосування противником високоточної зброї (ракети різного типу, артилерія, дрони-камікадзе), що дозволяє завдати ударів у глибокому тилу та знищувати критично важливі об'єкти; масштабне застосування противником дронів різного типу (розвідувальні, ударні), що дає можливість швидко отримувати інформацію і в режимі реального часу завдати ударів з різного виду озброєння і техніки; активне застосування противником засобів радіоелектронної боротьби (далі-РЕБ) глушіння зв'язку ускладнює передачу розпоряджень і наказів, вплив на систему БпАК (збій навігації, втрата контролю), що викликає збій відеозв'язку і унеможливує здійснювати повітряну розвідку, корегування артилерії, переміщення підрозділів, які виконують бойові завдання. Практичний досвід свідчить, що традиційні підходи до управління військами, які характеризуються тривалим циклом ухвалення рішень, поступово втрачають ефективність. Для підвищення ефективності управління слід використовувати захищені канали зв'язку, дотримуватися радіодисципліни, удосконалювати підготовку особового складу.

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ РВІА В УМОВАХ СУЧАСНИХ БОЙОВИХ ДІЙ

Ю.М. Майборода

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Завдання управління військовими організаційно-технічними системами (що повною мірою стосується і управління підрозділами, частинами та групами РВіА) має такі характерні риси:

- складність (через велику кількість факторів, що впливають на систему управління, та масштабність самого завдання);
- підвищений динамізм бойових дій, мінливість обстановки;
- відповідальність командира (начальника) за наслідки неприйняття рішення.

У розвинутих у військовому відношенні країнах світу ще починаючи з 60-х років минулого століття до складу АСУ почали включатися програмно-технічні засоби, що надають допомогу командирі (начальнику) в процесі підготовки і вибору раціональних рішень в складних ситуаціях, які виникають у ході управління. Про це свідчить аналіз АСУ польової артилерії AFATDS (США) та АСУ вогнем польової артилерії ADLER II (ФРН), BATES (Великобританія) і ATLAS (Франція).

Автором розглядаються основні завдання, що покладаються на таку складову АСУ РВіА, як система підтримки прийняття рішень (СППР), а саме завдання щодо:

- удосконалення рішень: СППР створюють умови розв'язувати більше проблем та приймати рішення з урахуванням часових, когнітивних, ресурсних та інших обмежень;
- збільшення продуктивності діяльності оперативного складу органу управління;

- доповнення арсеналу інструментальних засобів щодо добування, формулювання та створення нових знань;
- полегшення виконання одного або більше етапів прийняття рішень;
- упорядкування і полегшення аналізу можливих шляхів розв'язування проблем тощо.

ЗАСТОСУВАННЯ “ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ” У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК ТА АРТИЛЕРІЇ

С.М. Сай

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Підхід до автоматизації процесів управління військами та зброєю, який на даний час оснований на використанні традиційних методів формалізації і алгоритмізації, стає недостатньо ефективним в управлінських ситуаціях, що виникають під час ведення бойових дій в умовах проявів різних факторів невизначеності та ризиків. Виникає потреба у принципово нових управлінських технологіях, у тому числі використанні технології “штучного інтелекту” (ШІ).

За останні роки дослідження в області ШІ досягли значного прогресу, причому набагато швидше, ніж передбачалося раніше.

У сфері управління підрозділами РВіА технології ШІ доцільно розглядати як важливе доповнення до людських ресурсів за цілим спектром напрямів, зокрема: розширення ситуаційної обізнаності та обмін даними; координація командування і управління підрозділами; розподіл цілей; координація функціонування сенсорів і засобів ураження; виявлення та ідентифікація загроз, скорочення часу реакції на них; оцінювання намірів; вибір засобів ураження; робота з меншими ресурсами з частковим вилученням людини з процесу прийняття рішень тощо. У перспективі оптимальний вибір комбінації сенсорів і засобів ураження залежно від загроз має здійснюватися за допомогою ШІ, роль якого буде постійно зростати як під час вирішення завдань формування ситуаційного уявлення, так і під час підтримки прийняття рішень.

Таким чином, створення та розвиток ШІ є одним із пріоритетних напрямів науково-технічного прогресу, тією самою фундаментальною технологією, яка здатна докорінно змінити характер ведення бойових дій. Ураховуючи зазначене, розроблення пропозиції щодо застосування “штучного інтелекту” в інтересах ракетних військ і артилерії є актуальним завданням.

ПІДХІД ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ЗОВНІШНІХ ПЛОТІВ БПЛА, ЩО ЗАЛУЧАЮТЬСЯ ДО ПЕРЕХОПЛЕННЯ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ТА УДАРНИХ ДРОНІВ ПРОТИВНИКА

Я.В. Ярошенко, Ph.D.; В.В. Герасименко, д.військ.н.;

О.М. Печенко, О.Є. Блискун, Ph.D.

Національний університет оборони України

Сучасні бойові операції демонструють стійке зростання кількості безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на полі бою. У зв'язку зі значними темпами виробництва БПЛА, високою вартістю зенітних керованих та авіаційних ракет виникає необхідність пошуку шляхів щодо протидії

розвідувальним та ударним БпЛА противника. Найбільш економічно доцільним способом протидії БпЛА противника є їх перехоплення за допомогою FPV-дронів-перехоплювачів. Крім того, все частіше противник для прикриття розвідувальних дронів також використовує FPV-дрони-перехоплювачі, що відкрило для безпілотної авіації новий етап розвитку – еру повітряних боїв БпЛА.

Виконання завдань щодо перехоплення БпЛА противника відбувається у єдиній системі ППО держави. Особливістю оцінювання зовнішніх пілотів FPV-дрони-перехоплювачів є те, що показники теоретичної та практичної підготовки, досвіду бойових дій повинні враховувати знання з аеродинаміки польоту під час повітряного бою, тактичних прийомів ведення повітряного бою, порядок виконання наведення на повітряну ціль за вказівками офіцера з бойового управління. Також, зовнішній пілот повинен розуміти, як організована система протиповітряної оборони держави, повітряний рух у взаємодії з пілотованою авіацією та дотримуватись заходів з безпеки польотів з метою уникнення авіаційних подій та інцидентів. Врахувати таку кількість різномірних показників дозволяє математичний апарат нечіткої логіки.

МОДЕЛЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ПРИКОРДОННОГО ЗАГОНУ У СКЛАДІ СИЛ ОБОРОНИ

Д.Л. Карасьов

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Б. Хмельницького*

Прикордонний загін є важливим елементом системи прикордонної безпеки, що здійснює охорону та захист державного кордону. На основі послідовності планування оперативно-службової діяльності визначено завдання та побудовано модель застосування сил і засобів прикордонного загону у складі сил оборони. З урахуванням сучасних викликів, зокрема військової агресії російської федерації, важливою складовою ефективного виконання бойових та спеціальних завдань є чітке визначення порядку застосування сил і засобів прикордонного загону у складі сил оборони України.

Запропонована модель базується на аналізі рівня загроз, сценаріїв реалізації загроз (сценаріїв, які мають місце на даний час), а також сценаріїв (порядку) відповідних дій сил і засобів прикордонного загону з метою ефективного та своєчасного реагування на загрози. В подальшому сформовані завдання прикордонного загону, який входить до складу сил оборони. Одним із основних блоків моделі є організація структури прикордонного загону, яка адаптована до специфічних умов виконання бойових та спеціальних завдань. Наступний блок моделі є формування властивостей, які будуть характеризувати його здатність досягти визначеного результату (ефекту) виконання завдання, встановленого нормативом (стандартом), відповідно до визначених сценаріїв дій при визначених ресурсах багаточислою комбінацією засобів і способів дій.

У підсумку запропонована модель дозволяє підвищити ефективність застосування сил і засобів прикордонного загону у складі сил оборони, забезпечити ефективну протидію наявним загрозам та оптимізувати використання наявних ресурсів для виконання визначених бойових та спеціальних завдань.

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОНІТОРИНГОВОГО ЦЕНТРУ (З ПРОТИДІЇ ТЕХНІЧНИМ РОЗВІДКАМ)

*Д.С. Костерев; В.Я. Шельвестер; Ю.М. Кулініч
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Повномасштабне вторгнення російської федерації переконливо підтверджує зростаюче значення розвідки як одного з найважливіших видів оперативного й бойового забезпечення дій військ (сил) та визначає важливість цього виду в сучасних операціях. Успіх бойових дій багато в чому визначається організацією розвідувального забезпечення, при цьому відбувається зростання ролі всіх видів технічної розвідки.

Головним завданням протидії технічним розвідкам є недопущення виявлення противником відомостей діяльності військ (сил).

Одним із методів протидії технічним розвідкам є вплив на технічні канали збору інформації, який полягає в застосуванні інженерно-технічних і спеціальних засобів для виведення з ладу (ускладнення функціонування, пошкодження або знешкодження) засобів технічних розвідок та/або спотворення середовища добування інформації про демаскувальні ознаки об'єктів протидії і здійснюється шляхом застосування активних засобів протидії технічним розвідкам з можливістю подальшого перехоплення, механічного (вогневого) ураження або знищення засобів технічних розвідок.

У доповіді проаналізовано діючу систему організації роботи моніторингового центру з протидії технічним розвідкам в частині планування завдань мобільним групам протидії технічним розвідкам; порядку несення бойового чергування на моніторинговому центрі, збору та аналізу отриманої інформації; взаємодії та обміну інформацією з підрозділами; координації дій мобільних підрозділів протидії та вогневого ураження; контролю за станом виконання завдань.

ВПРОВАДЖЕННЯ ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬК (СИЛ) В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ КОМПЛЕКСУ БОРЬБИ З БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ “НОТА”

*Вад. А. Рачкінда; Г.Л. Лівіцький; Віт. А. Рачкінда; О.О. Будзінська
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Постійна зміна тактики та номенклатури застосування країною-агресором безпілотних літальних апаратів вимагає активної протидії засобам повітряної розвідки та вогневого ураження та постійного вдосконалення тактики, способів та методів боротьби з ними.

У роботі розглянута практика врахування бойового досвіду в угрупованнях військ (в/ч, підрозділах) оперативно-стратегічне угруповання військ “Хортиця” який міститься у інформаційному бюлетені “Використання ЗС РФ під час широкомасштабної агресії розвідувально-ударних безпілотних комплексів тактичного рівня БпАК S “Карнівора” (№116/1/18632/дск від 29.12.22), інформаційно-аналітичні матеріали щодо БпЛА типу баражуючий боєприпас (вх. №37 від 04.01.23), при підготовці фахівців комплексу боротьби з безпілотними літальними апаратами “Нота” на курсах підвищення кваліфікації з питань технічного захисту інформації та протидії технічним розвідкам.

Автори даної доповіді вважають, що програма підготовки має ефективний та обґрунтований підхід щодо підготовки фахівців з протидії засобам повітряної розвідки противника, яка в подальшому при впровадженні в підготовці покращить якісне співвідношення протидії БпЛА ЗС РФ особливо типів баражуючий боеприпас, що на сьогодні є особливо актуальним.

У програму підготовки вказаних фахівців, яка здійснюється відповідно до “Стандарту індивідуальної підготовки за напрямом підготовки охорона державної таємниці (тактичної ланки управління ЗС України для офіцерів ЗС України) СТІ 052А.43Д (Е,Ж)”, включено вивчення бойового досвіду в угрупованнях військ оперативного-стратегічного угруповання військ “Хортиця”.

Тактико-технічні характеристики засобів тактичного рівня як вітчизняних так й закордонних виробників, які застосовуються Збройними Силами України для боротьби з безпілотними літальними апаратами ворога.

Застосування комплексу “Нота” на мобільних базах на сьогодні відіграє важливу роль в прикритті наших підрозділів від ворожих засобів повітряної розвідки та ефективно подавляють їх. Провівши дослідження та визначивши коефіцієнт ефективності застосування даного виробу.

Пропонується введення нових елементів в тактику застосування підрозділів які використовують комплекс “Нота”.

Окремо розглянуті варіанти покращення тактико-технічних характеристик комплексу боротьби з безпілотними літальними апаратами типу “баражуючий боеприпас”, рівня БпАК S “Карнигора” запропоновані нові методи боротьби та удосконалення виробу “Нота”.

РЕФЛЕКСИВНІСТЬ В УПРАВЛІННІ: КОНЦЕПТУАЛЬНІ АСПЕКТИ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Н.Ю. Семенюк

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

Актуальність дослідження рефлексивності в управлінні знайшла відображення у розвитку інформаційних моделей, де рефлексивні підходи інтегровані в управлінські системи на рівні ієрархічної структури їх опису. Врахування рефлексивних механізмів сприяло еволюції класичної теорії ігор та досліджень операцій, розширюючи аналітичні можливості у сфері прийняття рішень.

Рефлексивне управління набуває особливого значення у військовій сфері, де воно розглядається як стратегічний інформаційний інструмент, що в окремих випадках може мати вирішальне значення, переважаючи традиційні методи військового впливу. Зокрема організація рефлексивного управління відіграє ключову роль в інформаційних війнах, спрямованих проти терористичних організацій. Його методологічна універсальність та можливість адаптації до різних сфер діяльності зумовлюють подальші перспективи розвитку.

Особливу увагу в сучасних управлінських дослідженнях привертає комунікативна рефлексія. Це поняття зазнало суттєвого розширення: від традиційного трактування як саморефлексії до усвідомлення рефлексії уявлень про внутрішні світи інших суб’єктів. Такий підхід знайшов застосування у моделюванні рефлексивних структур, що дозволяє глибше аналізувати взаємодію між суб’єктами управління.

СЕКЦІЯ 2

НАУКОВЕ СУПРОВОДЖЕННЯ, РОЗВИТОК, БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЄЮ ТА ПРОТИПОВІТРЯНОЮ ОБОРОНОЮ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

Керівники секції: полковник Панченко С.Л.;
к.т.н. с.н.с. підполковник Александров О.В.
Секретар секції: к.т.н. підполковник Черток О.А.

WAYS OF INTEGRATING FOREIGN-MADE COMBAT AVIATION ASSETS INTO MODERN AUTOMATED AND INFORMATION SYSTEMS FOR SPECIAL PURPOSES

*O. Aleksandrov¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
S. Panchenko²; A. Romaniuk¹*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine

Currently, Ukraine is working on ways to enhance the capabilities of the Air Force (AF) of the Armed Forces (AFU) to counter the armed aggression of the Russian Federation by increasing the component of combat fighter aviation, including foreign-made aircraft. One of the promising options for strengthening these capabilities in the short- and medium-term is the procurement of foreign-made fighter aircraft. To date, member states of the Aviation Coalition have officially confirmed their decision to provide over 60 F-16 fighters. At the same time, the government of the French Republic has announced plans to transfer Mirage 2000 fighters to Ukraine. The first batches of these aircraft are already performing combat missions in Ukraine.

The effective combat use of F-16 and Mirage 2000 fighters is possible only if they are integrated into the overall automated control system of the combat assets of the Ukrainian Air Force. One of the primary tasks of integrating these fighters into the automated control system of the combat assets of the Ukrainian Air Force is to study ways of organizing their information-technical interaction with modern automated and information systems that are in service with the Ukrainian Air Force.

The proposed stages of organizing the information-technical interaction of these aircraft with the automated control system (ACS) from the domestic Aviation and Air Defense Automated Control Systems of the Ukrainian Armed Forces (UAF) are outlined.

To ensure informational compatibility with foreign-made aircraft, a set of protocols has been defined, which will enable the automated control of the status and position of the fighters in the airspace, allow for combat management, and receive reports, significantly enhancing the effectiveness of their combat application.

NONLINEAR SCALING OF TIME INTERVALS IN INTERVAL ENCODING OF COMPLEX SIGNALS

V. Lysechko¹, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Shevchenko¹;

V. Khrapchynskiy², Candidate of Technical Sciences

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine

Interval encoding of complex signals is particularly effective in conditions of limited spectral resources. However, traditional approaches that use linear scaling of time intervals have several drawbacks, creating obstacles in signal formation.

To overcome the limitations of linear interval encoding, several approaches exist, with one of the most promising being nonlinear scaling of time intervals. This method optimizes the distribution of time gaps between signal pulses, thereby increasing signal noise immunity without significantly complicating the system.

The main types of nonlinear scaling include:

– Logarithmic scaling, which reduces the impact of additive noise.

– Exponential scaling, which enhances protection against radio interference.

– Power scaling, which allows for fine-tuning the ratio of time intervals to specific signal transmission conditions.

The proposed methods can be implemented in communication systems with adaptive signal parameter adjustment according to transmission conditions and provide the following advantages: increased noise immunity compared to linear scaling; optimized use of spectral and energy resources; flexibility in parameter tuning for various signal transmission conditions; no need for complex error correction algorithms at the receiver level.

The proposed methods of logarithmic, exponential, and power scaling help reduce decoding errors, improve energy efficiency, and adapt signal transmission to real-world conditions.

THE NEED TO DEVELOP AN AUTOMATED TACTICAL-LEVEL CONTROL POST FOR THE CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

M. Volodin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

D. Svystunov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

S. Seleznev; E. Pershyna

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Three years of experience in waging a war unleashed by the Russian Federation (RF) against Ukraine shows that the enemy is significantly increasing the number of UAVs of various types and purposes of both domestic and foreign production. During January 2025, the enemy switched to daily massive attacks (using about 100 units, and sometimes more) throughout Ukraine using attack UAVs, and the average daily number of battlefield drones (FPV drones) in January reached more than 2,000 units. This confirms the fact that the war is gradually taking on the signs of drone warfare and whoever provides an advantage in their effectiveness will receive advantages based on the results of hostilities.

In order to streamline the use of UAVs of various types and purpose of the tactical level and to create a single field of detection, control and guidance in the combat zone, as well as in order to increase the effectiveness of their use and fight

against enemy UAVs, it is necessary to develop and implement an automated control post (APU) of tactical level UAVs. The UAVs of the tactical level will allow solving the issue of integrated use of UAVs of various types and purposes of the tactical level, as well as FPV drones (kamikaze drones) and electronic warfare and reconnaissance means, according to the plan of the commander of a certain tactical formation, whose units are conducting combat operations in their area of responsibility.

DEVELOPMENT OF INFORMATION FUNCTIONALITY FOR MANUAL GUIDANCE OF UAV-INTERCEPTOR TO AERIAL TARGET

*P. Tsiupka; S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;
S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; Y. Shevchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Reconnaissance and attack unmanned aerial vehicles (UAV) are actively used by the enemy on the contact line and deep into the territory of Ukraine. For their destruction, UAV interceptors of various types began to be actively used. Priority air targets include enemy reconnaissance drones of the "Orlan-10", "ZALA" and "Supercam" types. Today, there is no single solution to automate targeting process for their destruction. Targeting is carried out in manual mode and/or with the use of automatic guidance to the area of visual contact with the target.

To improve the efficiency of information, it is advisable to display processed information from the general situational awareness system about the air situation and raw information from centimeter radars on one map. Raw information from centimeter radars should be filtered by speed, height, effective target scattering surface, etc. Additionally, it is advisable to display weather information on the map, namely layered wind and weather formation.

To increase the radar visibility of your own UAV interceptor, it is advisable to use corner reflectors or cover with special materials.

Targeting can be performed in two ways. The first option involves flying the UAV to the target. It implements the chase method. The second option involves flying to the calculated interception point. It implements the interception method. In the guidance window, the course, range and flight time of the UAV interceptor to a certain target or point should be constantly calculated.

EXTENSION OF THE COOLEY-TUKEY ALGORITHM TO THE TRUNCATED FOURIER TRANSFORM IN FINITE FIELDS

*S. Dudenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
S. Aleksandrov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Kudrynskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the theory of error-correcting codes, information processing systems, and recently in the development of cryptographic protocols, number-theoretic transformations are widely used. The most well-known transformations to date are the Fourier transform and the truncated Fourier transform in finite fields. These transformations, not overlapping with each other, form a space of vector lengths that can be used for computations.

For the classical Fourier transform in finite fields, fast algorithms exist (Fast Fourier Transform (FFT) algorithms), among which the Cooley-Tukey and Good-Thomas algorithms stand out. These algorithms significantly reduce the computational complexity of transformations through reindexing of vector points.

The Cooley-Tukey algorithm for the truncated Fourier transform (TFFT) is introduced, which reduces the number of multiplication operations for the TFFT from n^2 до $n \cdot (n' + n'') + 2 \cdot n$.

As shown by the analysis of symmetric block ciphers, the size of the data block processed by one operator during one cycle of the encryption function is 16 bytes. This block size is achieved through the use of linear transformations during the transposition step of the input block. For example, in the RC6 algorithm, a linear transformation based on MDR codes with a 16×16 matrix was used, which can be considered as a 16-point vector transformation. The complexity of such a transformation is n^2 .

The truncated Fourier transform in the field GF(28) exists for a vector length of $n = 16$. By using the Cooley-Tukey FFT algorithm, the computational complexity of transformations in the transposition step of the input block can be reduced from 256 multiplication operations (for MDR codes) to 160 (for the Cooley-Tukey algorithm), which will lead to an increase in transformation speed.

THE MAIN TASK IN THE WAR WITH THE RUSSIAN FEDERATION IS ENSURING INFORMATIONAL CONTROL OVER THE TROOPS OF THE AGGRESSOR

*O. Vozny; Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
Z. Zakirov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The war with the Russian Federation, which has been going on for almost three years, is being waged with signs of an information war, because of the following reasons. There is a massive use of high-precision weapons (missiles of various types and basing, unmanned aerial vehicles and battlefield drones, guided aerial bombs). The role in the use of reconnaissance and information and reconnaissance-strike systems, especially at the tactical level (air reconnaissance, radar equipment, electronic warfare and electronic reconnaissance) has significantly increased. There is a large-scale use of various information complexes and systems (radiotechnical, navigational, automated control of troops and means, telecommunications, information and psychological) to ensure the achievement of information domination over enemy troops in the combat zone and to increase the psychological impact on the consciousness of citizens and the military-political leadership of the enemy state.

Therefore, the main task in the war against the aggressor, in order to achieve victory is the need to ensure information dominance in the information sphere and over the aggressor's troops on the battlefield. This will make it possible to get ahead of him in actions, due to the use by the governing bodies of more complete, accurate, reliable and timely information about changes in the operational situation on the battlefield and influence consciousness and the decisions adopted by the military-political leadership of the enemy's country.

**THE NEED TO INTRODUCE A NETWORK-CENTERED SYSTEM
OF COMMAND AND CONTROL OF INTERSPECIES
GROUPINGS OF TROOPS**

*Yu. Kucherenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Nosyk², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; S. Simonov³*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";

³Limited Liability Company "System Electronic Export"

The analysis of three years of the Russian Federation's full-scale armed aggression against Ukraine (in the airspace, on land, at sea, as well as in the information space) indicates the need to use mobile, well-armed multifunctional formations, especially at the tactical level, which would be formed as a certain interconnected set of combat groups, each of which is a separate combat system that interacts with others through the use of both command and control and personnel (crews, combatants, and combatants).

Effective management of such advanced troops is impossible without the introduction of network-centric control systems for interspecies groupings of troops (including air defense troops), the functioning of which will ensure: full situational awareness of the leadership (command and control bodies) of the situation in the area of responsibility of each formation; significant reduction of cycles of command and control of troops and assets; integrated and synchronized use of forces and assets in real time; being ahead of the curve in making informed decisions, in accordance with the current situation and the actions of its troops on the battlefield, in relation to the enemy.

**THE NECESSITY TO CREATE AN INTEGRATED AUTOMATED
CONTROL SYSTEM FOR FIGHTING WITH UNMANNED
AIRCRAFT DEVICES**

Yu. Kucherenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

O. Dovbnia², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

O. Bodiak², Candidate of Technical Sciences; E. Pershyna¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Limited Liability Company "System Electronic Export"

Three years of combating the means of the air-strike component of the armed forces of the Russian Federation eloquently testify to the fierce confrontation with them in the airspace of Ukraine.

As of January 24, 2025, the Defense Forces of Ukraine have destroyed more than 23162 units of unmanned aerial vehicles of operational-tactical level (OTR UAVs), and the average daily intensity of the enemy's usage of kamikaze drones (FPV drones) on the battlefield reached a value of up to 2000 or more units in January. This indicates that the usage of OTR UAVs and FPV drones (battlefield drones) is of decisive importance in this war. Their usage in this war has become massive in scale and integrated in nature, and in the future their role will only increase when performing both strategic (operational) and tactical tasks directly on the battlefield.

Therefore, the creation of an integrated automated system for the control of anti-UAVs, which will ensure the integrated and synchronized usage according to the

unified idea of the command, the creation of the means of all inter-specific components of the Defense Forces of Ukraine (firearms, electronic warfare and radio reconnaissance, radar and navigation aids, electromagnetic radiation, acoustic means) operating in the country's air defense system, has decisive importance for ensuring effective combat against them in the airspace of the state.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR FORMING TEAMS OF VARIOUS UNMANNED AIRCRAFT FOR PERFORMING COMBAT MISSIONS

*D. Sizon; D. Zapara, Candidate of Military Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In combat conditions, situations often arise when it is necessary to solve complex and dynamic tasks, using a combination of heterogeneous UAVs it is possible to obtain more flexible and adaptive characteristics and capabilities. Another important fact is that the use of different types and classes of UAVs allows you to distribute risks and ensure reliability in performing tasks, even if one or more UAVs turn out to be unsuitable.

The development of methods that allow them to be effectively combined into teams can significantly increase the overall efficiency in achieving goals. An improved method for forming a team of heterogeneous UAVs to perform combat tasks is based on finding the necessary structure of the UAV team, determining its optimal capabilities and obtaining a rational composition. Planning the use of UAVs involves the distribution of the flight resource determined by the commander in the interests of the actions of the troops (forces) by tasks and areas of concentration of main efforts. The basis for advance planning is the distribution of the flight resource and combat orders of the management body of the appropriate level. That is, the specificity of the use of a UAV team is due to the fact that the team must perform tasks over a large territory in a decentralized distributed manner. This feature requires the strategic level commander to decompose a complex task into (tactical, operational, strategic) tasks. Hence the need to solve the problem of determining which lower-level commander has the appropriate types (by functional purpose) and classes of UAVs in accordance with the constituent subtasks in groups (reconnaissance, damage, mixed, etc.), that is, the structure of the UAV team is formed. The distribution is carried out using criteria for belonging to class and type. Given the fact that UAVs of each class and type are represented by a wide variety and in real conditions it is not always possible to use them promptly in certain areas, there is a need to conduct additional research on the rationality of choosing the necessary UAVs.

These solutions can be implemented on the basis of a thorough study of their capabilities. Hence the need to solve the problem of choosing the optimal capabilities of the corresponding UAVs, taking into account the required form and method of their application. Thus, the search for the necessary UAV team should begin with an assessment of the correspondence of the type and class of the UAV to each component of the subtask. Where the first indicator found will be the correspondence of the type and class of the UAV to the subtask that needs to be solved. The second indicator characterizes the adaptability of the UAV to the performance of each component of the subtask, which makes it possible to determine the best adaptability of the UAV team to the performance of the task in operations (combat, military operations).

PROPOSALS FOR INTEGRATING CENTIMETER RADARS INTO AIR SITUATIONAL AWARENESS SYSTEMS

*P. Tsiupka; S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;
S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
M. Baturynskiyi, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Recently, centimeter radar stations of various types, for example, such as RADA, ELR, etc. have been actively used to detect air targets. They provide accurate information about air objects against the background of false data. False objects can include flocks of birds, cars moving along roads, hydrometeors and clouds, etc. The intensity of information output by modern centimeter radars is high. The detection range of aerial objects is limited to tens of kilometers.

Processing information from such radars can lead to a loss of accuracy and efficiency of information, and manual processing will lead to a significant additional burden. Therefore, it is proposed to issue raw radar information to users in combat (special) task zones.

It is proposed to use an integration server that collects radar information using ASTERIX protocols from the radar and provides it to users at certain IP addresses in a certain area and/or from certain radars. Proprietary radar protocols should be converted into ASTERIX category 62 protocols. Users can be automated workplaces in one information system or information systems as a whole. The use of VPN technology in the scheme of connecting the radar to the electronic communication network will ensure the implementation of a secure communication channel. Target coordinates should be issued from the radar and circulate in the network in the format of the WGS-84 geodetic coordinate system. This makes it impossible to disclose the location coordinates of the radar accompanying the target.

FEATURES OF CREATING MODERN WEB APPLICATIONS BASED ON THE NEXT.JS FRAMEWORK

*O. Kolomiitsev¹, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Liubchenko¹;
V. Komarov², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; Ye. Zarichniak³
¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";
²Kruty Heroes Military Institute of Telecommunication and Information Technologies;
³Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, web applications play an important role in human life. They provide users with convenient and efficient tools for various types of information exchange, communication, etc. They allow users to quickly access the necessary information and share it with others.

Taking longer to load images, text, files, and other page elements reduces user interest and patience. Therefore, the speed of content loading is the most important factor that positively affects the reader's behavior and the reputation of the site as a whole.

The distance from the server to the user plays an important role. The longer the distance, the longer it takes for the data to appear on a personal computer monitor. Cloud technologies make it possible to use and connect servers that are located closest to users, which reduces waiting time and helps speed up page loading for all visitors, regardless of location.

With the help of cloud technologies, web applications serve millions of users around the world and ensure rapid deployment of web applications and high availability. For example, the most popular web applications are: Amazon Web Services and Content Delivery Network.

The report analyzes well-known web applications of Amazon Web Services and Content Delivery Network. The peculiarities of creating modern web applications based on the Next.js framework are proved.

THE NEED TO INTRODUCE A NETWORK-CENTERED AIR AND MISSILE DEFENSE MANAGEMENT SYSTEM

*Yu. Kucherenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Nosyk², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; T. Kulieshova¹
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

The experience of almost three years of warfare by the Russian Federation against Ukraine shows a tough confrontation with the air strike component (ASC) of its armed forces in the airspace of our country. From February 24, 2022, to January 24, 2025, the Ukrainian Defense Forces (UDF) destroyed air attack assets: 369 airplanes, 331 helicopters, 23,162 operational and tactical level unmanned aerial vehicles (OTLU), and 3,051 missiles of various types. In the future, we should expect even more massive use of OTL UAVs and various FPV drones (battlefield drones) by the enemy, which requires network control of all forces and means of the Armed Forces of Ukraine involved in various tasks in the state's air and missile defense system.

Therefore, in order to increase the efficiency of command and control of the forces and means of the Ukrainian defense forces performing tasks in the air defense system, it is necessary to introduce in the Armed Forces of Ukraine a network-centric system of command and control of the state's air defense forces, which will ensure the integrated and synchronized use of all fire and information means of the Ukrainian defense forces, in real time to combat the enemy's air strike component and according to a single command plan in accordance with the situation in the airspace.

INTEGRATION OF THE AIR FORCE OF UKRAINE INTO NATO'S UNIFIED INFORMATION SYSTEM THROUGH LINK-16 STANDARDS: EXPERIENCE AND OPPORTUNITIES FOR UKRAINE

*O. Lavrov, Candidate of Technical Sciences; O. Bepalko; A. Lavrov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The integration of the Ukrainian Air Force's automated control systems (ACS) into NATO's unified information system is an important step to improve the combat capability and efficiency of military operations. This will ensure interoperability with international partners, which is critical in modern military conflicts.

The Link-16 standards, which are actively used by NATO, allow for the exchange of operational data and the integration of control systems from different countries. Their implementation in the Ukrainian Air Force's ACS will allow connecting national and international information networks, increasing the effectiveness of command and control. NATO countries already have successful

experience in using these standards to integrate their command and control systems, which allows for coordination during combat operations and rapid response to threats.

For Ukraine, integration into NATO's unified information system will improve data exchange, increase operational efficiency, and enable integration with modern NATO weapon systems, which will increase the effectiveness of combat operations.

The integration process will require modernization of the ACS, cybersecurity, and training of personnel to work with new technologies. However, these measures open up new opportunities for the development of defense systems and ensure NATO compatibility and strengthen the country's defense capabilities.

USE OF NON-PARAMETRIC STATISTICS IN SECONDARY PROCESSING OF RADAR INFORMATION

*V. Slobodyanuk, Candidate of Technical Sciences; L. Pavlii; K. Trifonenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Secondary processing of radar information consists in a comprehensive analysis of data obtained from primary sources of radar information in order to increase the probability of detection, accuracy of classification, tracking and prediction of the parameters of the movement of objects. As a rule, parametric methods of processing radar information are used to solve these problems, which are based on the assumptions that information about the distribution of the parameters of the movement of objects or the density of the probability distribution of interference is known a priori.

However, often in practice, a priori information regarding the distribution of object motion parameters and the distribution of interference is either unknown, or the selected (proposed) model does not correspond to reality.

At the same time, there are known nonparametric methods of information processing that are not oriented towards a specific distribution law and allow ensuring acceptable quality of information processing in conditions of a priori uncertainty regarding the density of the probability distribution of interference. Among them, nonparametric BDS-statistics and SG-statistics should be distinguished.

Numerical modeling has demonstrated that the use of these statistics allows solving problems of both primary and secondary processing of radar information in the absence of a priori information regarding the density of the probability distribution of interference and the type of signal-interference interaction.

ADAPTIVE FREQUENCY PLANNING FOR OPTIMIZING INDIVIDUAL SUBCARRIER SPACING IN QOFDM

*V. Lysechko¹, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Doskach¹; I. Kharchenko²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Ukrainian State University of Railway Transport*

Existing methods for generating frequency plan ensembles utilize static algorithms based on predefined parameters (e.g., fixed subcarrier spacing, determination of optimal subchannel width, pairwise frequency position

comparison) to minimize mutual interference and ensure a low level of intra-system disturbance.

Static frequency planning algorithms compute the optimal subcarrier distribution once during the design phase, after which the obtained parameters are used over an extended period without adaptation to changes in the external environment.

Adaptive frequency planning involves integrating a real-time system that monitors the current spectral conditions (including interference levels and the activity of other users) and dynamically updates the subcarrier distribution parameters.

The proposed adaptive solution can employ optimization techniques (such as evolutionary algorithms or machine learning) for rapid identification of optimal spacing parameters, enabling maximum spectral efficiency under variable conditions.

With the adaptive approach, the system can promptly respond to interference variations by adjusting both the subcarrier distribution and subchannel width, ensuring more flexible utilization of the frequency spectrum.

The proposed approach extends the concept of individual subcarrier spacing by integrating adaptive algorithms, allowing not only the predefined configuration of each frequency plan but also real-time adaptation for further improving communication quality and increasing network subscriber capacity.

INTEGRATION OF WESTERN AIR DEFENSE SYSTEMS INTO A SINGLE INFORMATION NETWORK OF THE AIR FORCE OF UKRAINE WITH AVIATION AS A MULTI-ECHELON AIR DEFENSE SYSTEM

O. Lavrov¹, Candidate of Technical Sciences; A. Lavrov¹; T. Yakymenko²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy

Modern air threats require flexible and effective air defense systems. In the context of Ukraine's war with Russia, there is a growing need to integrate Western air defenses into a single information network, which will increase defense efficiency and adapt combat control standards to NATO levels.

Multi-echelon air defense involves the integration of means of different ranges (in particular, NASAMS, IRIS-T, Patriot) into a single network with rapid information exchange. A key element is the use of a network-centric command and control architecture that integrates ground-based air defense assets and aviation for synchronized action against threats.

The integration of Western systems involves the use of artificial intelligence and machine learning algorithms to automate the analysis of radar data, predict the trajectories of enemy targets, and prioritize their destruction. This reduces the human factor and increases the speed of response.

Interaction between the aviation component and air defense involves the use of common communication protocols, in particular Link 16, which provides for standardized real-time data exchange. The implementation of NATO procedures for situational awareness and coordination between the branches of the Armed Forces of Ukraine will facilitate their effective integration into the Alliance's common air defense system, allows for more effective multi-echelon defense of critical infrastructure. Automation of target detection and engagement processes allows for reduced response time and losses, which increases the overall combat capability of collective security.

**PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF FUNCTIONALITY
FOR INFORMING ABOUT ALERTS AND TARGETS
IN SITUATIONAL AWARENESS SYSTEMS**

M. Baturynskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

S. Burkovskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

L. Polshyna

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The analysis of combat experience shows that various air situational awareness systems are actively used to control mobile firing groups and interceptor UAV crews. Therefore, they should have the functionality to inform designated units about combat readiness signals and targeting of air targets.

First, the electronic map must identify the positions (locations) of subordinate units and display current information about the air situation. The information signs of the units must be linked to the IP addresses of the automated workstations they use. In this case, all commands that will be given to a certain unit on the map will automatically be transmitted by similar commands to a certain IP address.

Second, operator actions when issuing commands should be simple and visualized. For example, issuing a targeting command (for destruction, firing) or a prohibition to fire at a target can be carried out by the following sequence of actions:

1) use one of the buttons ("targeting" or "firing prohibition") to switch to the specified mode of operation;

2) select the required target on the map using the mouse manipulator;

3) select the required unit on the map;

4) complete the selection of objects, for example, click on an empty place on the map.

The result is visualized in the form of a target (for targeting) around the target with a dotted line showing which unit was commanded and on which target.

When the air situation is issued to a specific IP address for targets, additional features corresponding to the commands for the unit will also be transmitted.

**PROPOSALS ON THE USE OF RELATIONAL DATABASES
IN SITUATIONAL AWARENESS CENTERS FOR ANALYSIS
OF AIR ENEMY ACTIONS**

V. Samsonov¹; A. Trystan², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*²State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

During the Russian-Ukrainian war, the enemy massively uses strike drones. In order to make a timely and correct decision to destroy strike drones at command posts, it is necessary to have complete, timely, and accurate information. Currently, situational awareness centers are deployed at command posts. Data is received by these centers in real time. The large volume of incoming information complicates the analysis of the air situation and enemy air actions by commanders of the relevant levels. An urgent task arises to reduce the information load on commanders to facilitate a comprehensive analysis and make a timely and optimal decision to repel a massive enemy air strike.

To increase the efficiency of analyzing the actions of the air enemy in situational awareness centers, it is proposed to use a relational database. To manage the database, special software must be created. The special software must include three main functional blocks. These blocks must generate: specialized and operational reports, additional reports at the operator's request, information about hidden patterns in the actions of the air enemy, etc. The main purpose of the listed functional blocks is to provide exclusive information that is directly intended for each individual combat crew number and commander.

The use of a relational database and specialized blocks that generate exclusive reports can reduce the information load and increase the efficiency of air situation analysis. It can also increase the speed of making optimal decisions, which will increase the effectiveness of repelling massive strikes by enemy air attack means.

INTEGRATION OF THE UKRAINIAN AIR FORCE INTO THE SINGLE NATO INFORMATION SYSTEM THROUGH THE LINK-16 STANDARD AND OPPORTUNITIES FOR UKRAINE

*O. Lavrov, Candidate of Technical Sciences; A. Lavrov
Senior Researcher Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The integration of the Ukrainian Air Force's automated control systems into NATO's unified information system is an important step to improve the combat capability and efficiency of military operations. This will ensure interoperability with international partners, which is critical in modern military conflicts.

The Link-16 standard, which is actively used by NATO, allows for the exchange of operational data and the integration of control systems from different countries. Their implementation in the Ukrainian Air Force's will allow connecting national and international information networks, increasing the effectiveness of command and control. NATO countries already have successful experience in using these standards to integrate their command and control systems, which allows for coordination during combat operations and rapid response to threats.

For Ukraine, integration into NATO's unified information system will improve data exchange, increase operational efficiency, and enable integration with modern NATO weapon systems, which will increase the effectiveness of combat operations.

The integration process will require modernization of the automated control systems, cybersecurity, and training of personnel to work with new technologies. However, these measures open up new opportunities for the development of defense systems, ensure NATO compatibility, and strengthen the country's defense capabilities.

INTEGRATION OF NATO AIR DEFENSE SYSTEMS INTO A SINGLE INFORMATION NETWORK OF THE UKRAINIAN AIR FORCE WITH AVIATION AS A MULTI-ECHELON AIR DEFENSE SYSTEM

*O. Lavrov, Candidate of Technical Sciences; A. Lavrov
Senior Researcher Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern air threats require flexible and effective air defense systems. In the context of Ukraine's war with Russia, there is a growing need to integrate NATO air defenses into a single information network, which will increase defense efficiency and adapt combat control standards to NATO levels.

Multi-echelon air defense involves the integration of means of different ranges (in particular, NASAMS, IRIS-T, Patriot) into a single network with rapid information exchange. A key element is the use of a network-centric command and control architecture that integrates ground-based air defense assets and aviation for synchronized action against threats.

The integration of NATO systems involves the use of artificial intelligence and machine learning algorithms to automate the analysis of radar data, predict the trajectories of enemy targets, and prioritize their destruction. This reduces the human factor and increases the speed of response.

Interaction between the aviation component and air defense involves the use of common communication protocols, in particular Link 16, which provides for standardized real-time data exchange. The implementation of NATO procedures for situational awareness and coordination between the branches of the Armed Forces of Ukraine will facilitate their effective integration into the Alliance's common air defense system, allows for more effective multi-echelon defense of critical infrastructure. Automation of target detection and engagement processes allows for reduced response time and losses, which increases the overall combat capability of collective security.

ANALYSIS OF THE USE OF INTERMEDIATE TRANSPARENT ENCRYPTION BLOCKS IN GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED INTRANET NETWORKS FOR SPECIAL PURPOSES

O. Perepelytsia¹, Candidate of Technical Sciences;

O. Bespalko²; P. Aleksandrova³; O. Laban⁴

¹Limited Liability Company "System Electronic Export";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

³Kharkiv National University of Radio Electronics;

⁴Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine

In the context of repelling armed aggression by the Russian Federation, modern intranet networks for military purposes are a priority target for cyberattacks from the enemy. According to international organizations that continuously monitor and analyze cybersecurity trends, the number of cyberattacks on government intranet networks in 2024 increased by nearly 70% compared to the previous year. As a result, the issue of information security in such networks has become particularly relevant.

The application of modern encryption technologies in geographically distributed intranet networks (GIN) enhances the level of information protection, providing reliable authentication and defense against potential attacks, while maintaining network interaction efficiency. Intermediate transparent encryption blocks (ITEBs) are an effective solution for securing data in GINs due to several key advantages: high security level, transparency for end-users, speed, and low data transmission latency; flexibility and scalability, as well as protection against external threats.

This paper presents the results of analyzing well-known schemes for using ITEBs in GINs. It proposes methods for employing well-known modern encryption standards, such as AES, RSA, SSL/TLS, IPsec, and Diffie-Hellman.

The results of testing the proposed ITEB application schemes in special-purpose GINs indicate that their implementation ensures a high level of security, minimizes delays, and allows for the rapid integration of encryption into the existing

infrastructure, ensuring data integrity and confidentiality during transmission between remote points. The use of these encryption standards guarantees data protection at all stages of processing and transmission.

MAIN WAYS TO CREATE A NETWORK-CENTERED CONTROL SYSTEM FOR AIR AND MISSILE DEFENSE OF UKRAINE

Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

O. Bospalko; A. Lavrov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the third year of the Russian Federation's full-scale armed aggression against our country, Ukrainian troops are actively using many different information systems and complexes, especially at the tactical level, to carry out automated control of various units (battlegroups) of the Armed Forces of Ukraine in combat operations (in airspace, on land and at sea). In order to combat the means of air attack used by the Russian Federation on a daily basis, it is necessary to synchronize and integrate the use of all available forces and means of the Armed Forces of Ukraine performing their tasks in the air and missile defense system, in real time.

To do this, it is necessary to identify the main ways to create a network-centered air (missile) defense command and control system and implement it in the Armed Forces of Ukraine. The main ways to create a network-centered air and missile defense command and control system include:

determination of the appropriate number and types of control objects to be used in the fight against air attack (aircraft, anti-aircraft missile systems, electronic warfare and other information sources);

development of functional subsystems, namely: intelligence, strike, comprehensive support, communications and telecommunications;

creation of unified multifunctional complexes of automation tools of different levels of the network-centered air (missile) defense control system to control the defined control objects.

DEFINITION OF APPROACHES TO THE USE OF AUTOMATED AND INFORMATION SYSTEMS FOR SPECIAL PURPOSES OF GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED CLOUD TECHNOLOGY WITH THE CAPABILITY OF OPERATING IN CONDITIONS OF DEGRADED COMMUNICATION WITH THE BASE CLOUD

O. Perepelytsia¹, Candidate of Technical Sciences¹;

V. Kapranov², Candidate of Technical Sciences²; V. Mikhailaki

¹Limited Liability Company "System Electronic Export";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

³Automated Systems Testing and Support Center

Currently, in the context of repelling the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, the development and modernization of existing distributed automated and information systems (AIS) for military purposes are being explored. To increase the survivability of systems of this class, possibilities for using cloud-based technologies are being considered.

Distributed cloud technologies provide flexibility and scalability; however, their effective use in conditions where partial or complete degradation of communication

with the base cloud is possible requires further research. In conditions of insufficient or unstable communication between the nodes of these systems, there is a need to develop approaches that ensure their continuous operation and integration.

The main directions for solving tasks of this class include the following:

Data Processing Optimization – Offloading part of the computations to edge devices to reduce the amount of data that needs to be transmitted to the central cloud.

Communication Redundancy – Using alternative communication channels (satellite communication, mobile networks, Mesh networks) to maintain stable access to the base cloud.

Dynamic Traffic Management – Adaptive routing algorithms ensure the effective use of available communication channels, even in the case of their degradation.

Implementation of Caching and Replication Mechanisms – Allowing the storage of necessary data locally, reducing dependence on the central cloud and minimizing latency.

Use of Hybrid Architecture – Combining centralized and edge computing optimizes resource usage and improves system efficiency.

The use of distributed cloud technologies in modern AIS for military purposes will enhance their key reliability and survivability metrics, while added encryption mechanisms and protection against GPS spoofing will increase the security and reliability of distributed cloud systems in the face of external threats and unstable communication.

ANALYSIS OF PROBLEMATIC ISSUES IN THE IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE UNMANNED SYSTEMS CONTROL SYSTEM

O. Chertok¹, Candidate of Technical Sciences;

V. Mudryk², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Ilchenko³

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Academy of the National Guard of Ukraine;

³Military unit A4104

The use of artificial intelligence elements in modern control systems has a number of advantages. However, there are typical risks that must be considered, particularly when implementing artificial intelligence in unmanned systems control systems.

In complex conditions of electronic warfare, when artificial intelligence makes autonomous decisions based on sensor data, there is an increased risk of making incorrect decisions due to access to low-quality input data. Granting artificial intelligence enhanced rights and the absence of human control when making the final decision may carry the risk of unpredictable actions by the system.

Additionally, insufficient flexibility in countering electronic warfare means should be considered. When the enemy uses active jamming of control commands or signal spoofing, the control system relies solely on the effective functioning of artificial intelligence algorithms. Otherwise, this may lead to the disruption of the entire system.

False target identification and "friendly fire": Computer vision algorithms may reduce efficiency due to low-quality images, increasing the risk of friendly fire on one's own objects.

It is important to consider the impact of modern combat factors on the completeness of machine learning models. The combat situation is very dynamic, so even with satisfactory results during training missions, systems utilizing artificial intelligence in real conditions may make incorrect decisions. This is due to the lack of quality data for adaptive AI learning.

Cybersecurity and data manipulation: Systems using artificial intelligence are typically built on common architectures, which makes them vulnerable to hacking through known vulnerabilities and "poisoned" by input data manipulation, leading to "incorrect learning".

Adherence to moral, ethical, and legal standards when using artificial intelligence in unmanned systems control systems. When unintended losses are caused by autonomous decisions, it is quite difficult to determine accountability for actions. Moreover, the loss of the operator's leading role in the control system may prompt the enemy to take active actions to seize the object of control.

Thus, the implementation of artificial intelligence in unmanned systems control systems has significant potential but is also associated with numerous risks that must be considered when carrying out combat missions.

ANALYSIS OF THE MANAGEMENT SYSTEM IMPLEMENTED IN THE NATO INTEGRATED AIR AND MISSILE DEFENSE SYSTEM

*O. Vozny; T. Dzeverin; V. Novichenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The NATO Integrated Air and Missile (NATO Integrated Air and Missile Defence System NATINAMDS) includes:

- a system of bodies and control points equipped with elements of an automated control system ACCS (Air Command and Control System);
- a network of various types of reconnaissance sensors;
- ground and air fire weapons.

The components of the ACCS operational level (automation systems) are deployed at control points:

- AIRCOM (Ramstein, Germany) – Allied Air Command;
- CAOC (Combined Air Operation Centre, Torrejon (Spain), Udem (Germany) – joint Air Operations Centers (stationary);
- DACCC (Deployable Air Command and Control Centre, Poggio Renatico, Italy) is a mobile air traffic control and management center.

The tactical-level ACCS elements use the hardware and software complexes "Nexdom" and "BC3", which directly interact with national reconnaissance sensors and fire control systems.

For direct data exchange between elements of the control system and control objects, a protocol is used Link-16).

To expand the capabilities of transmitting tactical data over long distances, a protocol is used JREAP (MIL-STD-3011D).

The protocol is divided into the following structural components:

- JREAP A – a protocol that regulates the transmission of tactical data using satellite communications;
- JREAP B – a protocol that regulates the transmission of tactical data in point-to-point mode using telephone lines;
- JREAP C – a protocol that regulates the transmission of tactical data using IP-networks.

METHODS OF PROTECTING CONTENT MANAGEMENT SYSTEMS – ANALYSIS OF VULNERABILITIES AND WAYS TO ELIMINATE THEM

L. Pavlii

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern web resources are mostly created with the help of Content Management Systems (CMS). According to statistics, the most popular CMS is WordPress, which is used to build 30% to 40% of all websites running on CMS.

WordPress is an optimal choice for beginners due to its ease of use. However, if the website is considered a long-term project with scaling potential, an alternative might be Joomla CMS, especially when using demo data installation. Paid CMS systems provide a higher level of flexibility, reliability, and functionality, making them popular among commercial projects. However, their main drawback is the high cost.

Vulnerabilities in content management systems can become targets for malicious attacks. The main threats include:

- SQL injections;
- Cross-Site Scripting (XSS);
- Information leakage about CMS versions;
- Default location of the login page.

As the most popular CMS, WordPress is especially vulnerable to threats such as:

- Exploiting weaknesses of neighboring websites on a shared server;
- Using outdated versions of CMS core, themes, and plugins;
- DoS and DDoS attacks;
- Brute-force attacks on admin accounts;
- CSRF (Cross-Site Request Forgery) attacks;
- Credit card skimming;
- LFI (Local File Inclusion), RFI (Remote File Inclusion), RCE (Remote Code Execution) attacks.

To enhance the security of CMS, it is recommended to implement the following measures:

- Hiding the CMS version;
- Restricting access to the login page;
- Configuring .htaccess file security;
- Changing the database table prefix;
- Regularly updating the system and its components;
- Using multi-factor authentication;
- Limiting access rights for different user groups.

Thus, effective CMS protection requires a comprehensive approach, which includes both system configuration and the use of additional security tools.

DEVELOPMENT OF HIGHLY DECOUPLED MICROSERVICES USING THE SIDECAR PATTERN

S. Nosko

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

When developing microservices, it's essential to separate business logic from tasks like authorization, logging, and caching. This separation keeps the core business modules focused solely on their specific functionality, necessitating changes only when there's an update in business procedures. These business modules can be set up across various infrastructures and can communicate in different ways.

The sidecar pattern is quite popular in microservices architectures and proves useful in this context because it allows microservices to function smoothly without getting bogged down by the complexity of the infrastructure. A sidecar is an extra component attached to the main microservice, taking care of additional duties such as monitoring, configuration management, security, failure recovery, rate limiting, and acting as an API gateway. It works right alongside the main service, sharing its lifecycle, and is deployed at the same time.

The report proposes an efficient implementation of the sidekick pattern using advanced tools and techniques to optimize performance. Such an implementation can be considered intelligent due to the integration of artificial intelligence, which provides dynamic decision-making on caching strategies. Through the use of artificial intelligence, the sidekick can evaluate and select the most efficient methods, which further improves the overall performance and reliability of the system. This approach not only improves scalability but also effectively adapts to changing workloads. One of the crucial goals of implementing the sidecar in this work was to make it very performant and cost-effective, because the sidecar is a new component in the system, and as such, it consumes memory and CPU resources for the additional container it requires. To achieve this, the Quarkus framework was used in native mode with GraalVM's capability for ahead-of-time compilation, which compiles directly to native code.

FEATURES OF UDDI TECHNOLOGY APPLICATION FOR INTERACTION BETWEEN ORGANIZATIONS

Y. Zarichnyi

*National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Today, businesses are increasingly facing the need to interact with various partners. Web services facilitate integration between enterprises (for example, in the context of business-to-business interaction).

The Web Service Discovery Engine provides Universal Description, Discovery and Integration (UDDI), a platform-independent tool for publishing Web Service Descriptions (WSDL) to enable them to be found by other organizations (enterprises) and integrated into their systems. UDDI provides centralized storage and access to information. However, due to a number of security concerns, most organizations prefer to create their own private UDDI registries within their corporate networks. Unlike public registries, private registries are hosted

within secure internal networks and are accessible only to invited business partners through various user authentication mechanisms.

Thus, UDDI defines a business registry where Web service providers can register services and developers can search for the services they need.

The report analyzes UDDI, which is based on elements of four types: Business Entity, Business Service, Binding Template, and Technology Model. Famous companies are considered: IBM, Microsoft, and Ariba, which have created their own UDDI registries and combined them into a Web registry. In one of them, developers can register their Web services, after which the data is automatically replicated to other registries. It is emphasized that in the modern world of Web services there is a transition to more flexible, decentralized approaches, such as service mesh and microservices. Such technologies offer better scalability, adaptability and compatibility with modern architectural solutions, which UDDI lacks.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЯВЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЗАСОБІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СТАНУ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА

М.М. Дівізіюк, д.ф.-м.н., проф.; О.В. Фаррахов, к.т.н.

*Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики Національної академії наук України*

Виявленню безпілотних ударних засобів терористичного впливу на об'єкти критичної інфраструктури України, що охороняються, притаманний основний недолік, такий як відсутність врахування факторів повітряного середовища, що постійно змінюється. У той же час врахування факторів стану приземних шарів атмосфери дозволить проводити точні розрахунки дальностей виявлення цілей радіолокаційними станціями і, як наслідок, підвищить ступінь забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури та інших стратегічних об'єктів, що охороняються.

Математична модель є системою з чотирьох математичних залежностей. Перша з них визначає значення коефіцієнта об'ємного згасання електромагнітних хвиль в атмосфері, залежно від частоти хвилі, вологості та температури повітря, атмосферного тиску та концентрації антропогенних домішок. Друга описує закономірність спаду інтенсивності електромагнітної хвилі, що поширюється, яка визначається робочою частотою радіолокаційної станції і станом приземних шарів атмосфери. Третя залежність у системі дозволяє обчислити енергетичний потенціал станції радіолокації за певною ціллю. Четверта залежність визначає умову отримання максимальної дальності виявлення радіолокаційної цілі.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТНОГО ЗАВДАННЯ

О.М. Чередніков, к.т.н., доц.; В.М. Феденько

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Незважаючи на те, що переважна кількість операцій в технологічному процесі випробувань авіаційної техніки (АТ) стандартизовані та мають певний алгоритм виконання робіт, сучасний стан забезпечення Збройних Сил України

АТ потребує удосконалення організації та проведення деяких видів робіт і їх автоматизованого документального оформлення з метою підвищення ефективності випробувань взагалі.

У дослідженні проведено аналіз діючих вимог з порядку проведення та оформлення результатів випробувань озброєння та військової техніки, встановлених національними інструкціями та державними стандартами. Визначені основні напрямки удосконалення системи автоматизованого документообігу, які впливають на якість і ефективність робіт з випробувань.

Запропонований підхід має потенціал для надання переваг у застосуванні та розповсюдженні знань прийняття рішень до проведення оцінки ефективності, уніфікації алгоритмів оцінювання якості виконання польотного завдання. Уніфікація забезпечує скорочення часу на складання протоколу та оптимізацію ущільнення записів, можливість вибіркової обробки, організацію багатоаспектного пошуку інформації, пристосування документації до розробки у складі автоматизованої бази даних.

Процес випробувань має регламентні обмеження в часі, чим забезпечується своєчасне виконання державних програм із прийняття на озброєння новітніх та модернізованих зразків АТ.

За результатами проведеного аналізу виділено загальні аспекти підвищення ефективності застосування уніфікованих шаблонів алгоритмів оцінювання якості виконання польотного завдання за програмами та методиками випробувань гармонізованими з стандартами НАТО.

EXTENDING THE METHOD FOR DEVELOPMENT OF DOUBLE-LOOP CONTINUOUS TRACKING SYSTEMS EQUIVALENT TO COMBINED ONES TO DISCRETE TRACKING SYSTEMS

V. Revenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

N. Karashchuk Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

V. Chetvertak

Zhytomyr S.P. Korolev Military Institute

The purpose of the article is to use the method of synthesis of high accuracy continuous tracking automatic control systems equivalent to combined ones, when we have a controlled variable (entry useful action) which cannot be measured for discrete tracking systems.

The proposed method is advised for development of discrete tracking systems based on angular coordinates (in particular, radio systems, where the entry useful action can't be measured, and therefore combined control is impossible), as well as in stabilization systems and control systems for aircraft of various purposes. The authors have considered using the method for synthesis of continuous double-loop automatic control systems for discrete systems equivalent to combined systems subject to simultaneous entry useful (preset) action and external disturbances and interferences. The developed method makes it possible to synthesize discrete high-precision automatic control tracking systems equivalent to combined ones when we have a controlled variable (entry useful action) which can't be measured. In this discrete tracking system, equivalence to combined systems, unlike the differential coupling method, is achieved by two control loops and not by three loops.

We have synthesized a double-loop discrete automatic control system equivalent to a combined system. We have calculated and made a stochastic regulator, and the influence of this regulator on the astatism of the system (that is, on its accuracy) has been analyzed.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ РОЗВИТКУ ЄДИНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИМИ СИЛАМИ УКРАЇНИ НА ПЕРІОД ДО 2030 РОКУ

*І.О. Чернозубкін, к.т.н., доц.; О.А. Потрап
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Досвід відбиття Збройними Силами (ЗС) України повномасштабної агресії російської федерації свідчить про важливість наявності оперативного та стійкого управління військами (силами) для досягнення успіху в операціях (бойових діях), що досягається шляхом комплексної автоматизації процесів управління та постійного та систематичного розвитку Єдиної автоматизованої системи управління ЗС України (ЄАСУ ЗС України).

На сьогоднішній день ЄАСУ ЗС України створюється як інтегрована система управління, що побудована за єдиною ідеологією та комплексно, на основі загальносистемного проектування, поєднує у своєму складі на єдиних функціональних, організаційних і технологічних принципах автоматизовані (інформаційні), інформаційно-комунікаційні системи, засоби автоматизованого управління та їх комплекси різного функціонального призначення. Вона охоплює усі види діяльності ЗС України та рівні управління на основі відповідних оперативно-стратегічних (оперативно-тактичних), загальних, функціональних та тактико-технічних вимог.

Враховуючи існуючий стан системи управління ЗС України, виробничий, економічний та науковий потенціал України, досвід розроблення подібних систем у інших країнах світу, розвиток складових ЄАСУ ЗС України пропонується здійснити за трьома варіантами.

У доповіді наведено результати порівняльного аналізу кожного із варіантів, обґрунтовано раціональний та розроблено рекомендації щодо його реалізації.

ВИБІР ТА ОБґРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ СИЛ ОБОРОНИ В ОПЕРАЦІЯХ

*Є.О. Смиченко; В.В. Поліщук, к.військ.н., доц.;
Д.І. Дуленко, к.т.н.; О.І. Шапран
Національний університет оборони України*

Забезпечення боєготовності та безперебійного функціонування авіаційних підрозділів Сил оборони значною мірою залежить від ефективності системи відновлення засобів наземного забезпечення польотів (ЗНЗП). Зазначені засоби відіграють критично важливу роль у виконанні завдань з бойового чергування, перевезення вантажів, евакуації та інших операцій, що здійснюються військовою авіацією.

У сучасних умовах інтенсивного використання авіації та зростання вимог до її оперативності та надійності особливо важливим є розроблення обґрунтованих показників ефективності системи відновлення ЗНЗП. Їх правильний вибір дозволяє оцінювати поточний стан системи, прогнозувати її розвиток та оптимізувати процеси технічного обслуговування і ремонту.

Розробка та впровадження дієвих механізмів оцінки ефективності функціонування цієї системи є важливим завданням для підвищення її надійності та оптимізації ресурсів. Вибір відповідних показників ефективності дозволяє об'єктивно оцінювати стан системи відновлення, визначати її слабкі місця та приймати обґрунтовані рішення щодо покращення роботи.

Обґрунтовані показники ефективності дадуть змогу об'єктивно оцінити стан системи відновлення, оптимізувати використання ресурсів і покращити управління процесами технічного забезпечення.

Таким чином, використання цих показників сприятиме оптимізації ресурсів, підвищенню надійності системи та забезпеченню безперебійного виконання бойових завдань.

РОЗРОБКА НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИПРОБУВАНЬ СПЕЦІАЛЬНОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ПОТРЕБ ППО

В.І. Сапон; Г.І. Згода; О.О. Лисий, к.т.н.; В.М. Руснак, к.військ.н.

*Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Вирішення задачі з розробки науково-методичного апарату оцінювання характеристик спеціальної техніки забезпечується використанням системного підходу та раціонального поєднання теоретичних і експериментальних досліджень, узагальнення і аналізу відомих наукових результатів, а також використання математичного моделювання, математичної статистики, вперше розроблених спеціальних методик.

Експериментальні дослідження можливо реалізувати з використанням діагностично-вимірювального комплексу, адаптованого для оцінювання характеристик спеціальної автомобільної техніки для ППО ПС ЗС України. Для оцінювання параметрів якості цієї техніки застосовуються методи натурних випробувань.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що отримані наукові результати становлять єдиний комплекс досліджень (концепція, принципи, критерії, методи та математичні моделі).

Ці дослідження дозволять найбільш повно і якісно, вивчати вплив одних характеристик (параметрів) на процес (об'єкт) при варіюванні інших.

Таким чином розробка науково-методичного апарату експериментальних досліджень та випробувань спеціальної автомобільної техніки для ППО ПС, зробить більш якісним методологічний підхід до проведення експериментальних досліджень та випробувань з підтвердження її тактико-технічних вимог та перевірки правильності обраних і обґрунтування нових технічних рішень.

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ ЩОДО ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРОТИВНИКА

*Д.О. Соломатін, к.військ.н., с.н.с.; О.І. Луцєвят
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Застосування противником безпілотних літальних апаратів (БпЛА) має значний вплив на ведення бойових дій на полі бою, а також на об'єкти критичної інфраструктури держави. Наявні системи виявлення засобів повітряного нападу, зокрема БпЛА, не спроможні повною мірою виконувати завдання з виявлення, ідентифікації та видачі цілевказання на їх ураження, тому виникає потреба у створенні ефективної системи ситуаційної обізнаності (ССО) щодо виявлення БпЛА противника.

Така система повинна забезпечувати збір, обробку, аналіз великого масиву даних, що надходить з різних джерел інформації, моделювати ситуації (події), надавати висновки (прогнози).

Для забезпечення належного рівня ситуаційної обізнаності про повітряного противника необхідно створити відповідну мережу з різноманітних джерел інформації, а саме із радіолокаційних, радіотехнічних, акустичних, оптико-електронних станцій наземного та повітряного базування, а також спеціальні програмні засоби.

Крім того, ССО повинна включати програмні та апаратні засоби для аналізу великого масиву даних (Big Data), прогнозування та моделювання, а також систему захищеного зв'язку та передачі даних між споживачами.

Проведені дослідження свідчать, що впровадження ССО щодо виявлення БпЛА противника дозволить підвищити бойові спроможності існуючої системи протиповітряної оборони та може стати одним з її ключових елементів у боротьбі із БпЛА.

СЕКЦІЯ 3

ПІДГОТОВКА, БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТИН (ПІДРОЗДІЛІВ) АВІАЦІЇ, БОЙОВЕ МАНЕВРУВАННЯ ТА ЛЬОТНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Керівники секції: бригадний генерал Захарчук О.Г.;
д.т.н. проф. пр. ЗС України Калкманов С.А.
Секретар секції: майор Шульга О.С.

EMERGENCY TAKEOFF OF AIRCRAFT TO PERFORM OPERATIONAL MISSIONS

*O. Zakharchuk¹; V. Ishchuk²;
S. Kalkamanov², Doctor of Technical Sciences, Professor; I. Oliiynik²*
¹*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*
²*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A study of the possibilities of aircraft takeoff from various sections of the airfield, including those with limited dimensions, taking into account the influence of operational and external factors is necessary to ensure the minimum takeoff time of aircraft, as well as to develop methodological recommendations on the possibilities, options and methods of its implementation in extreme conditions.

The main operational and external factors affecting the takeoff characteristics of aircraft are: barometric altitude of the runway, takeoff weight and aircraft center of gravity, dimensions, angle of inclination, condition of the runway surface, approaches and meteorological conditions in the airfield area.

The main parameter influencing the decision-making process and methods of performing an emergency takeoff by aircraft crews is the takeoff run length. To analyze the possibility of a shortened takeoff, the dynamic equation of aircraft motion during takeoff and the integral equation of the takeoff run length were used. The takeoff run length primarily depends on the liftoff speed, the value of which is determined by the lifting properties of the aircraft. The lifting properties of the aircraft during takeoff and landing are increased by using takeoff and landing mechanization. At the same time, the release of the wing mechanization leads to an increase in drag, which reduces the acceleration of the aircraft and increases the takeoff run length. In order to reduce this negative effect of the wing mechanization, the paper studies the effect of delaying the release of the wing mechanization in order to increase acceleration during the takeoff run, which in turn will lead to a decrease in the takeoff run length. The issues of the occurrence of dynamic forces and moments are also studied.

METHODOLOGY FOR IDENTIFYING MATHEMATICAL MODELS FOR DETERMINING THE FLIGHT AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF UAVS BASED ON DATA FROM ONBOARD SENSORS

*S. Kalkamanov, Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Determining the flight performance of UAVs based on onboard sensor measurements enables the rapid solution of problems related to developing new UAVs and improving existing ones. The report presents a methodology for

identifying mathematical models for determining the flight performance of small UAVs based on flight test results. To calculate the main flight performance, the aerodynamic characteristics of the UAV (wing) and the characteristics of the power plant (thrust, efficiency, power) are required. Engine power, thrust, and propeller efficiency in on-site operation are calculated using mathematical methods and adjusted based on bench test data for the propeller-motor group. Determining the propeller efficiency in real UAV flight mode based on onboard sensor measurements presents a certain difficulty. Determining the angle of attack and true airspeed also presents some difficulty. The paper considers the method of identifying mathematical models for calculating the aerodynamic and flight performance characteristics of UAVs based on the canonical expansion method and using the air flow velocity measurements in the jet from the propeller using an additional velocity sensor (Pitot tube). Using the canonical expansion method, dependencies are obtained that allow calculating the values of aerodynamic angles based on the overload measurements. The obtained values of aerodynamic angles allow determining the polar of the UAV wing. Measuring the air flow velocity in the jet from the propeller allows specifying the propeller efficiency values in various flight modes. The final identification of mathematical models for calculating the UAV characteristics is carried out by the least squares method using the integral data of the flight experiment.

TARGETING WITH LARGE-SCALE MAPS USING RADAR SIGHTING ON A RADAR LANDMARK

*O. Sheyhas, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
H. Dubovyk, Candidate of Technical Sciences; O. Stepanko; O. Torchylov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Practical experience shows that the accuracy of air delivery is highly dependent on the precision of target parameter determination, the method of aiming, and the crew's proficiency.

Assessing the situation in the drop zone enables the selection of an appropriate and justified aiming method, which will influence the accuracy and effectiveness of the mission. There may be no distinct visual reference points along the predetermined flight path in the drop zone. Moreover, in a combat zone, it is not always feasible to mark the aiming point with a radar beacon. These factors make it impossible to use the previously discussed aiming methods, leaving large-scale map aiming with radar sighting on a radar landmark as the only viable autonomous option.

Large-scale map aiming with radar sighting on a radar landmark integrates two previously known aiming methods into a combined approach. This document outlines the navigator's procedures when utilizing this method.

This technique is independent of the time of day and weather conditions, eliminating the need for airborne support personnel to mark the aiming point. In modern combat scenarios, this autonomy allows the crew to conduct almost covert airdrops.

Such an aiming method has never been considered in the classical sources on parachute landing theory.

MIRAGE-2000 AND F-16: PROSPECTS AND CHALLENGES OF ADAPTING THE FLIGHT TRAINING SYSTEM

I. Cherepenko¹; I. Oliinyk²;

D. Sinenko², Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor

¹Air Command "Skhid";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The retraining of Ukrainian pilots on Western aircraft models, in addition to the language barrier, highlighted a number of factors that need to be considered even at the stage of cadet pilots acquiring higher military education.

Technical and technological factors are associated with significant differences in aviation and radio-electronic equipment, and especially – weapons systems of aviation equipment models, which are gradually replacing Soviet-made aircraft. Organizational factors are due to differences in theoretical and practical (flight) training systems. In general, national training systems for future pilots have their own peculiarities, which depend on the general training concept in a particular country.

The advantages of the US Air Force cadet flight training system include a three-stage training system with a large number of flight hours and the use of modern aviation simulators, a high level of funding and access to the latest technologies. In the French and Israeli Air Forces, academic education and practical training are harmoniously combined. Particular attention is paid to tactical training and individual skills of cadets.

Ways to improve training on modern training equipment are proposed for discussion, including the need to develop a pilot's ability for creative tactical thinking. Emphasis is placed on the fact that the professional training of cadets is a very complex and lengthy process that requires starting from the first years of study.

THE USE OF MODERN TRAINING TOOLS TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF STUDYING AIRCRAFT FLIGHT DYNAMICS

V. Kozak; S. Kalkamanov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

I. Oliinyk; Yu. Chaun

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the system of professional training for future officers, there is an urgent need to address at least two issues: improving the quality of military education in the study of military-specific disciplines and implementing updated educational programs and methods aimed at forming a new leadership style and readiness for professional activities, taking into account the needs of NATO integration and our own combat experience.

This report considers the relevance of using flight simulators to improve cadets' understanding of the laws of aircraft motion under various conditions and to provide them with modern tools (methods) for solving flight dynamics problems in their future professional activities.

The results of testing the use of flight simulators in the study of theoretical issues of aircraft flight dynamics are presented. The advantages of simulators in terms of perceiving aircraft motion dynamics, forming and developing a verbal-analytical image of flight, and increasing the intellectual activity of students, as well as mastering elements of NATO standards, are described.

It is emphasized that, in general, the introduction of the method of using modern flight simulators during classes on aircraft flight dynamics contributes to a deeper understanding of the material, develops cadets' creative thinking, stimulates and increases their interest in knowledge of aerodynamics and aircraft flight dynamics.

IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF COMBAT MISSIONS PERFORMANCE BY TACTICAL AVIATION AIRCRAFT THROUGH THE USE OF TEMPORARY TAKEOFF AND LANDING SITES

*A. Sushko; O. Leontiev, Doctor of Technical Sciences, Professor;
O. Vovk, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; O. Kucheriaviy
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of countering russian aggression has demonstrated that almost the entire territory of our country is vulnerable to enemy missile strikes, particularly in the operational-tactical depth of the front. Based on this and considering the enemy's extensive intelligence capabilities, there is a need for rapid relocation of airfields.

One of the ways to enhance the effectiveness of combat missions for tactical aviation is the use of temporary landing sites (sections of highways) for preparing aircraft for repeated combat sorties.

Ensuring aviation operations from highway sections requires not only a high level of pilot training but also the full range of aircraft preparation measures, including refueling, maintenance, and arming with combat payloads. This, in turn, creates significant challenges for support units. Therefore, the concept of using highways for aviation operations has substantial limitations related to the capabilities of the mobile logistics and command systems.

To ensure the mobility of logistics and the set of measures for preparing a tactical aviation aircraft for repeated combat sorties from temporary airstrips, it is proposed to use operational-tactical transport aircraft with short takeoff and landing capabilities.

RESEARCH ON THE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF MULTI-PURPOSE AIRCRAFT THROUGH THEIR COMPARISON WITH OPERATIONAL-TACTICAL REQUIREMENTS

*S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor; P. Hrytsenko; I. Trach
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

This research presents a comparative assessment of the compliance of the tactical and technical characteristics of multirole fighter aircraft (MRFA) available on the modern arms market with the operational and tactical requirements (OTR) for them. Among the most common types of MRFA capable of performing a wide range of missions, the study examines the JAS 39 A/B, Mirage 2000-5, Typhoon Tranche 2, and F-16 A/B Block 15.

Considering the complexity and multi-factor nature of the process of selecting optimal aircraft models for the Armed Forces of Ukraine, the research focuses on developing a methodology for comparative evaluation of information models of multirole fighters based on determining the degree of approximation of their tactical and technical characteristics to the criterion values.

The advantages of this methodology include the ability to quickly select the best MRFA in terms of characteristics from any analyzed set of aircraft, a clear physical meaning of the MRFA efficiency indicator, informativeness (the possibility of numerical representation), and sensitivity to changes in the initial values of the key characteristic used for MRFA evaluation. Additionally, it eliminates the need to involve a large number of aviation experts in the evaluation process, as a preliminary assessment of the importance of MRFA characteristics for each type has already been conducted, and a representative set of characteristics has been identified.

Based on the conducted analysis and modeling, information models of aircraft that best meet modern OTR for MRFA have been determined. This enhances the justification for aircraft selection, potentially contributing to increased combat capability and efficiency of the aviation component of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

ESTIMATION OF THE COMPOSITION AND CAPABILITIES OF THE ENEMY'S UAVS

*O. Shulha; O. Sitkov; B. Telilnyk; I. Mazhara, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the quantitative and qualitative composition of enemy UAVs shows that the most numerous group is made up of micro-UAVs and mini-UAVs. The analysis of information from open sources of the Russian-Ukrainian war allows us to conclude that the most dangerous for the Ukrainian Defense Forces is the Lancet munition UAV in a group flight together with the Orlan-10 reconnaissance UAV.

Progress in the development of combat unmanned aircraft systems is driven by human, economic, scientific and technological factors. Unmanned aerial vehicles are relatively cheap, have a modular design, small size, small effective scattering surface, and less vulnerability to air defense fire compared to manned combat aircraft. This makes them an effective tool in today's armed conflicts.

The analysis of the use of UAVs during hostilities shows the important role of unmanned aircraft in armed confrontation. With the increasing intensity of hostilities and the long length of the frontline, the number of recorded enemy UAV flights is growing significantly with each month of the war.

However, the problem of effective destruction of small mobile targets and enemy equipment located at a considerable distance from the front line remains unresolved. The problem of having a large number of unmanned aerial vehicles to engage moving and stationary enemy targets in the Air Force of Ukraine needs to be solved.

FEATURES OF COORDINATION OF STATE AND CIVIL AVIATION IN THE USE OF AIRSPACE

*A. Dubnyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Solomakha; O. Shulha; B. Teliatnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The regular, effective, and safe utilization of airspace necessitates collaboration among users, particularly in the coordination between state and civil aviation. In contemporary circumstances, the traditional concept of permanent airspace

allocation has become obsolete. As stipulated by the European Organization for the Safety of Air Navigation (Eurocontrol), of which Ukraine became a member on May 1, 2004, the notion of "flexible use of airspace" has been adopted. This airspace allocation process is governed by the Air Code of Ukraine, based on submitted applications and established priorities.

A distinctive aspect of the coordination between state and civil aviation involves the establishment of a unified civil-military air traffic management system in Ukraine, as set forth by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 19, 1999, No. 1281. The implementation of this unified system markedly enhances the cooperation among airspace users regarding:

- Increasing the efficiency of the national integrated air traffic management system;
- Advancing the technical modernization of the air navigation system;
- Influencing strategic decisions related to the future development of airspace utilization;
- Participating in pan-European air traffic management initiatives;
- Enhancing the appeal of Ukrainian airspace;
- Ensuring the consistent application of regulatory flight safety requirements;
- Providing timely information and access to the latest satellite air navigation technologies.

ENHANCING THE COMBAT EFFICIENCY OF UAVS THROUGH AERONAUTICAL NAVIGATION AND AVIATION COMBAT MANAGEMENT

*O. Torchylov; O. Sheyhas, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Stepanko; E. Eliseev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Integration of Modern Navigation Technologies: Utilize global satellite navigation systems (GPS, Galileo) and inertial navigation systems to ensure precise positioning of UAVs in combat conditions.

Development of Autonomous Combat Management Systems: Apply artificial intelligence and machine learning to create autonomous systems capable of making decisions and performing combat tasks with minimal human intervention.

Ensuring Flight Safety: Implement collision detection and avoidance systems using radar, LIDAR, and optical sensors to improve situational awareness and ensure the safety of UAV flights.

Automation of Airspace Management: Develop automated systems for the efficient management of UAV and other aircraft movements in the airspace, ensuring coordination and conflict avoidance.

Integrated Combat Management Systems: Create integrated systems that combine data from various sources and ensure prompt decision-making during combat operations, utilizing modern communication and data processing technologies.

Energy Efficiency of UAVs: Employ new materials and technologies to reduce energy consumption and increase the autonomy of UAV flights, allowing for longer and more complex missions.

Legal Regulation and Standardization: Develop regulatory frameworks and standards for integrating UAVs into airspace, ensuring their safe and efficient use in combat conditions.

PECULIARITIES OF COMBAT USE OF FIGHTER AIRCRAFT IN THE FIGHT AGAINST AIRCRAFT BOMBS EQUIPPED WITH A UNIVERSAL PLANNING AND CORRECTION MODULE

*R. Nevzorov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor; V. Ishchuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the enemy's combat use of bombs with a universal planning and correction module (UPCM) showed that they, as objects of action of fighter aircraft, have the following features: small geometric dimensions; small reflective surface; long range; the ability to simultaneously drop a large number of bombs from different carriers; short time in the air; the need for a stable horizontal flight of the carrier to prepare the UPCM for use; subsonic flight speed; lack of defensive weapons and jamming equipment; use against predefined targets; low maneuverability; lack of means of detecting the attacking fighter; low survivability under the influence of destruction means. In connection with the above features, the possibility of using fighter aircraft weapons against them is limited for the following reasons: the need for a long stay of the fighter above the area of the line (strip) of combat engagement, i.e. in the areas of destruction of enemy ground-based air defense systems (S-400, S-300) and carrier cover fighters; low capabilities of the onboard radar station to detect the bomb and its short time in the air relative to the time required for the pilot to aim and launch guided missiles with a radar homing head. Thus, it is advisable to combat bombs equipped with UPCMs by destroying carrier aircraft before they drop bombs. For effective countermeasures, it is necessary to predict the bomb-threatened areas.

MILITARY CONFLICTS MODERN MILITARY CONFLICTS

*O. Stepanko; O. Sheyhas, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
E. Eliseev; O. Torchilov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The potentially high accuracy of the use of aviation ballistic munitions provides the ability to defeat a large group of important enemy objects and targets, control points, communication centers, mobile missile systems, radar stations, enemy anti-aircraft missile systems, ammunition and fuel and lubricant depots, as well as lightly armored military equipment, aircraft on the ground and in the air with non-nuclear weapons.

In modern military conflicts, airborne barrage munitions will conduct individual and group strikes on targets with known coordinates, acting on command from ground (air, ship) control points, or conduct independent "hunting" in certain areas. Weapon systems such as airborne barrage munitions can perform the following tasks:

– air support of troops (forces) performing combat missions to destroy ground (surface), mainly small and mobile targets at tactical and near operational depths;

– fire damage to the enemy by troops (forces) of the joint aviation groups and air defense, damage to enemy aviation and anti-aircraft facilities, communications and equipment, and conducting naval and air attacks mainly in operational depth.

When striking ground (surface) objects and targets using onboard expert systems, such munitions should have the following modes of operation:

– construction and maintenance of airborne barrage munitions combat formations;

– overcoming enemy air defense;

– targeted attacks and group action mode.

INTEGRATING THE ADVANTAGES OF THE "SWISS CHEESE" MODEL AND THE "DOMINO" THEORY INTO THE SHELL MODEL

*S. Fedyuk; O. Kolodiazhnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Torchylov; V. Kashko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modeling "human–machine–environment" systems is complex due to the necessity of identifying and accounting for all factors influencing the efficiency and safety of airspace utilization. Therefore, one of the approaches to enhancing the effectiveness of the aeronautical navigation system and its operation is the search for ways to integrate various models that consider the impact of human factors on their functioning.

The SHELL model, described in detail in the ICAO Digest, is utilized in all ICAO circulars on human factors. This model enables the identification of key elements of human factors and their interrelationships.

James Reason's "Swiss Cheese" model develops the theory that hazardous incidents and events are not the result of a single or a few independent occurrences but rather the consequence of multiple interrelated factors that collectively lead to a system-wide failure.

G. Heinrich proposed the "Domino" theory, where the term "domino" serves as a reminder that human errors almost always form a sequence in which the first mistake inevitably triggers the second, the second leads to the third, and so on.

In considering the impact of human factors on the operation of the aeronautical navigation system and aviation personnel training, the SHELL model serves as a fundamental framework. However, it has certain limitations that can be partially mitigated by integrating the advantages of other models, such as the "Swiss Cheese" model and the "Domino" theory, leveraging their positive attributes to enhance the overall approach.

CONTROL ARCHITECTURE FOR UAVs SWARM IN ADVERSARIAL ENVIRONMENTS UTILIZING BEHAVIOR TREES

*O. Kompaniets, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Recent research underscores the growing focus on the development of unmanned aerial vehicles (UAVs) within military operations, particularly highlighted by their extensive use in the Ukrainian Defense Forces. This has prompted the evolution of swarm systems designed for autonomous functionality in unpredictable combat scenarios. In this context, Finite State Machines (FSMs) and

Behavior Trees (BTs) are prevalent for modeling the behavior of autonomous agents. The inherent hierarchical structure of BTs facilitates the delegation of specific tasks across nodes, effectively orchestrating the overall behavior of the system. BTs provide a robust framework for enabling autonomous decision-making, which is crucial for enhancing swarm coordination and operational strategy. The integration of BTs with artificial intelligence in simulating autonomous swarm-agent behavior within hostile environments is increasingly recognized as a vital consideration in contemporary software engineering practices.

Future UAVs swarm operation models must effectively address the intricacies of dynamic battlefield environments and be underpinned by robust control architectures. A comparative qualitative analysis of BTs and FSM was conducted, revealing that BTs excel in orchestrating UAVs swarm in antagonistic environment contexts. In addition, the relationship of complexity, scalability, and modularity with respect to the number of behavioral models in these architectures is quantified. The results demonstrate that BTs maintain lower system complexity with an increase in states, showcase superior modularity attributed to their hierarchical framework and reduced interdependencies among modules. This study underscores BTs-based architectures as a compelling choice for UAVs swarm control in antagonistic environment.

**THE USE OF BARRAGE MUNITIONS IN MODERN
INVESTIGATION OF THE METHODOLOGY OF OPERATION
OF PILOTS IN PREPARATION FOR FLIGHTS AT SMALL
AND EXTREMELY SMALL HEIGHTS**

*O. Kolodiazhnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Fedjuk; O. Torchylov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Flying at low and extremely low altitudes is one of the most effective tactical techniques for achieving stealth, overcoming enemy air defenses, ensuring surprise and increasing the effectiveness of means of defeating ground targets. Flying at low and especially at extremely low altitudes is the most complex type of combat training and requires from the pilot, in addition to high flight training, great psychophysiological stress.

Flight control at low and extremely low altitudes is characterized by the following features:

- increased neuropsychic stress and fatigue of the pilot, caused by the proximity of the ground;
- the problem of maintaining visual orientation due to limited overview of the terrain;
- high angular velocities of movement of landmarks, short time of their observation for recognition;
- limited possibilities of using a map in flight;
- reduced range of radio-technical flight control means;
- increased fuel consumption.

The listed features require the pilot to pay increased attention both when preparing for the flight task and during the flight, especially with regard to maintaining altitude and specified navigation elements. Special attention when preparing for a flight in these conditions must be paid to studying the terrain.

VIEWS ON THE PRINCIPLES OF FORMING METHODS OF GROUP APPLICATION OF UNMANNED AVIATION OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*V. Petrov, Candidate of Military Sciences; O. Oleksenko, Ph.D.;
V. Tretyak, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
I. Kostenko, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A promising way to accomplish the tasks of unmanned aerial systems (UAS) of the Air Force of Ukraine is the group use of unmanned aerial vehicles (UAVs).

It is noted that in the case of group use of the ASUW, special attention should be paid to the order of use of forces and means, i.e., the choice of the method of combat operations and the development of tactical techniques for performing combat and special tasks. The combination of the chosen method of combat operations and tactical techniques of the group of UAVs in the performance of tasks will be the method of use of UAVs.

When forming the methods of group use of UAVs, it is proposed to take into account the combat specialization of UAVs in the group, the principle of building a combat order and the combat composition of the group. According to combat specialization, groups can be targeted and multipurpose. According to the principle of building a combat order, UAV groups can be ordered, where the combat order is determined by the functional purpose of each element of the group, and unordered, where the combat order is determined by the sequence of UAV launch. According to the combat composition, UAV groups can be homogeneous (of the same type), heterogeneous and mixed.

The proposed approach to the formation of methods of group use of UAVs can significantly increase the effectiveness of combat operations of the Armed Forces of Ukraine, requires further research into the tactics of UAV groups and amendments to doctrinal and guiding documents on their use.

TRANSFORMATION OF AVIATION APPLICATION METHODS IN THE CONTEXT OF CHANGES IN ITS QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION

*V. Afanasiev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Yerilkin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;
S. Puzhai-Chereda; O. Korobetskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of countering the military aggression of the Russian Federation has confirmed the possibility of confronting the enemy and disrupting its plans in the face of a significant military and economic imbalance.

Coordinated transformation of aviation in these conditions is possible through continued rearmament with foreign-made aircraft from NATO member countries, such as the F-16, Mirage 2000, as well as unmanned aerial systems. The use of modern technological solutions in the development of aviation and its application is the basis for the development of the military potential of the aviation of the Air Force of Ukraine.

The justification of the directions of transformation of aviation employment is based on the results of the study of the model for assessing the effectiveness of the

aviation component in the operations of the Ukrainian defence forces. This approach makes it possible to assess its capabilities for the existing composition of the forces by aviation branches and to justify the required composition of the aviation component.

The proposed model allows to take into account the variable nature of indicators for variants of the number of aircraft sorties per day, the state of serviceability of aircraft, etc.

The practical implementation of the results is being considered within the framework of amendments to the doctrinal documents on the use of manned and unmanned aircraft of the Air Force of Ukraine.

WAYS TO REDUCE LOSSES OF ARMY HELICOPTERS DURING COMBAT OPERATIONS

*O. Miroschnichenko; O. Sitkov; I. Mazhara, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of the statistical data of the Russian-Ukrainian war suggests that army aviation helicopters suffered the greatest losses during firing missions during the day in simple meteorological conditions from being hit by anti-aircraft surface-to-air missiles during the flight to the area of the combat mission and operations in the target area.

Given this analysis, it can be said that in order to successfully perform combat missions with minimal losses, helicopter unit commanders need to deepen their knowledge of the tactics of Army units in modern combat, clearly understand the role and place of army aviation at various stages of combat and in the performance of various tactical tasks by the Army. In addition, for the successful use of army aviation in combat, it is necessary to be able to coordinate, timely clarify and interact with units and subunits of other branches of the army (types, agencies).

Possible ways to reduce the level of losses of army aviation helicopters during combat operations in modern conditions may include the following steps

organizing the supply of modern foreign-made combat (transport and combat) helicopters;

ensuring the possibility of using high-precision guided missile weapons day and night in simple and difficult weather conditions, with a launch range of 10-12 km on a "fire and forget" basis;

equipping with high-resolution optical and infrared targeting and search systems (from 100x magnification);

Thus, the identified ways should ensure the successful completion of combat missions with minimal losses of army aviation helicopters during combat operations.

TACTICAL ROUTE PLANNING FOR EFFECTIVE COMBAT OPERATIONS

*O. Sitkov; S. Tokarev; M. Maksymov; I. Mazhara, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the analysis of open data of combat operations of Russian invasion, certain conclusions can be drawn regarding the improvement of the effectiveness of route planning during combat missions by helicopters of army aviation:

– equipping helicopters with multifunctional devices for displaying information with the ability to receive and transmit it in an encrypted state in a single automated system;

– equipping helicopters with modern radio stations capable of providing an extended range of two-way secure radio communication between helicopters in the air and ground control points (command posts of individual army aviation brigades, combat control groups, forward air gunners, etc.) with the ability to transmit tactical information and targeting instructions on board the helicopter;

– equipping the command posts of military units of the army aviation with UAVs-reconnaissance, target designators and repeaters to organize continuous communication and transmit the tactical situation during helicopter flights at extremely low altitudes in the command post – helicopter crew – combat control group – forward air gunner link;

– the ability to launch guided and corrected missiles without direct enemy visibility and further tracking and guidance of guided missiles by an advanced aviation gunner or UAV;

– equipping forward air gunners with infrared target marking devices and infrared beacons to guide helicopter crews at night.

Thus, the selected routes should guarantee the effective performance of combat missions with the least losses of army aviation helicopters in combat operations.

CURRENT PROBLEMS OF TRAINING COMBAT COMMAND OFFICERS USING SIMULATION SYSTEMS

*I. Mazhara, Ph.D.; A. Dubnyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
B. Teliatnyk; O. Shulha*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the context of combat operations, the intensity of training flights is significantly reduced, which creates the problem of loss of practical skills of combat control officers in managing crews and the need to constantly maintain the level of practical skills.

The most effective means of professional training for combat control officers are simulators that provide artificial reproduction of the conditions and factors that occur in the process of controlling real aircraft.

Maintaining professional qualities and restoring them through training is one of the main types of training for combat control officers, which allows them to consolidate and deepen their knowledge, acquire skills and abilities in managing crews in any navigational and tactical situation.

The report identifies that a possible way to maintain the appropriate level of professional training of combat management officers is to improve and introduce simulation complexes into the educational process and the process of professional training, and to improve the methodological support for conducting classes using these complexes, improving the mathematical and software of simulators. The use of simulators and simulation complexes (systems) allows combat command officers to create an environment for managing an object that is as close to the real one as possible, provided that measures are taken to implement such systems in practice.

Further research should be aimed at substantiating and creating a unified methodology for the construction of training complexes based on the use of new information technologies and technical solutions.

THE ROLE OF AVIONICS IN NETWORK-CENTRIC WARFARE

*D. Pshenychnykov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Pedko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Network-Centric Warfare (NCW) represents a fundamental shift in modern military operations, emphasizing the integration of advanced communication, surveillance, and data-sharing technologies. Avionics, the electronic systems used in aircraft, play a crucial role in enabling NCW by enhancing situational awareness, communication, and operational effectiveness.

NCW is built on the principles of connectivity, shared situational awareness, and enhanced decision-making. It relies on advanced communication systems, integrated sensor networks, distributed computing and autonomous and semi-autonomous systems.

Key avionics technologies in NCW: secure and high-speed data links (Tactical Data Links, including Link 16 and Joint Tactical Information Distribution System); advanced radar and sensor systems; electronic warfare and cyber capabilities; artificial intelligence (AI).

Impact of avionics on NCW.

Enhanced situational awareness – avionics systems provide real-time data, enabling commanders to make informed decisions.

Improved interoperability – standardized communication protocols facilitate seamless coordination among different military branches and allied forces.

Increased survivability – electronic warfare and stealth avionics improve aircraft survivability in contested environments.

Force multiplication – UAVs and AI-driven systems expand operational capabilities without increasing personnel requirements.

Avionics serve as the backbone of NCW by integrating advanced communication, sensor, and electronic warfare technologies. As warfare continues to evolve, avionics systems will become even more sophisticated, leveraging AI, cyber capabilities, and autonomous operations to maintain a strategic advantage.

STUDY OF THE GENERAL REQUIREMENTS FOR FLIGHT EQUIPMENT OF THE FLIGHT PERSONNEL OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE WITH REGARD TO COMBAT EXPERIENCE

R. Viedieniava; O. Lihoy;

*M. Kolmykov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern conditions of warfare, technological progress and growing requirements for flight safety necessitate continuous improvement of flight crew equipment. The success of combat missions by aviation largely depends on the efficiency and comfort of the pilot. An important element of equipment to ensure these conditions is a flight suit (LS). With the modernization of the aircraft fleet of the Armed Forces of Ukraine and the complication of combat missions, the issue of improving the LC is of particular relevance. Today's AFU pilots' suits have a number of drawbacks, such as limited functionality, insufficient comfort, and outdated materials.

The research conducted, based on a thorough study of current trends, analysis of the combat experience of the Russian-Ukrainian war and armed conflicts in other countries, and the development of our own innovative solutions will provide

aviation personnel of the Armed Forces of Ukraine with modern, safe and effective equipment.

Taking into account the realities of combat, the improvement of flight overalls is a necessary step to increase the effectiveness of combat operations.

COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS FOR CREATING PROPULSIVE FORCE ON FOUR-ROTOR BEARING SYSTEMS

V. Berdochnyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

D. Berdochnyk, Ph.D.

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Existing aircraft with a four-rotor bearing system, called quadcopters, are widely used in many areas of human activity, primarily as light and ultralight unmanned systems.

To provide horizontal flight of a quadcopter, its tilt is used in the direction of the required direction of movement, i.e., the appropriate pitch angle is created. The transition from hovering to horizontal flight occurs by increasing the thrust of the rear pair propellers by increasing their rotational speed. To compensate for the decrease in the quadrotor lift component due to the tilt of the total propeller thrust vector, the rotational speed of all the system's propellers is increased.

In horizontal flight, there is a significant mutual influence of the front propellers pair vortex wake on the aerodynamic characteristics of the rear pair, which is manifested in a decrease in the value of their thrust. The level of aerodynamic interference between the front and rear pairs of propellers is determined by their relative geometric arrangement.

In addition to the method of creating a propulsive force by giving the quadcopter an appropriate pitch angle, it is possible to use the tilt of the rotation planes of all four propellers, which will determine a slightly different spatial arrangement of the propellers and their vortex wakes.

The paper presents the results of numerical modeling of the flow regimes of the four-propeller bearing systems with different ways of realizing the propulsive force: changing the pitch angle and tilting the propeller planes.

DETERMINATION OF THE DIFFERENCE IN THE POWER INPUT TO THE FRONT AND REAR PAIRS OF ROTORS OF A FOUR-ROTOR BEARING SYSTEM IN HORIZONTAL FLIGHT

V. Berdochnyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. Berdochnyk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the horizontal flight of an aircraft equipped with a four-rotor bearing system, a significant influence of the front rotors pair's vortex wake on the flow conditions of the blades cross-sections of the rear pair rotors observed. The presence of an axial component of the inductive velocity caused by the operation of the front pair of rotors in the area of flow around the blade cross-sections of the rear pair of rotors causes a decrease in their thrust. As a result, the four-propeller system is subject to a positive pitching moment.

To ensure the longitudinal balancing of the quadrotor, it is necessary to: create a propulsive force that will balance the drag of the aircraft; increase the thrust of all

the propellers to ensure that the lift is equal to the weight of the quadrotor; compensate for the pitching moment from the difference in thrust of the front and rear pairs of propellers. The latter is accomplished on existing quadcopters by increasing the rotational speed of the rear pair of propellers.

If we consider a possible design of a perspective full-size four-rotor aircraft, it should be equipped with variable-pitch propellers and a system for stabilizing the propeller rotation speed. In this case, any necessary change in the thrust of an individual propeller will be achieved by changing the angle of the blades.

The report presents the results of numerical modeling of the flow regimes of the four-rotor bearing systems in a horizontal flight balanced by forces and moments. The difference in the powers supplied to the front and rear pairs of propellers are estimated.

A PROMISING INTEGRATED COMBAT LOGISTICS SYSTEM FOR ARMY AVIATION

*A. Krasnorutskiy, Ph.D.; V. Grytsyshyn, Ph.D.; S. Nemyushchyy; O. Timoshenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Maintenance and repair of aviation equipment is organized and carried out by the forces and means of logistics support of army aviation, enterprises, institutions and organizations regardless of ownership. Therefore, we propose an alternative model of an integrated combat logistics system for the Army aviation based on the ILIAS platform. The goal is to provide the necessary materials in a timely manner and minimize the cost of their procurement. Case study logistics solutions for mission support and real-time asset visibility are proposed. The combat logistics system for aviation of the Armed Forces on the ILIAS platform enables aviation personnel to focus their time on solving basic combat tasks; generates technological processes based on technical documentation and, therefore, ensures their implementation in accordance with regulatory procedures; reserves tasks, determining the combat rhythm for the allocation of resources – personnel, materials, tools and infrastructure. It simplifies a dialogue on productivity between industry, contractors and end users. Situational awareness is provided to minimize downtime. Offline capability enables management of critical resources without connectivity, synchronizing data when the connection is restored.

It provides an alternative model to ensure the integration of logistics support for ground forces aviation into the NATO logistics structure. The ILIAS platform combines theoretical and practical aspects of logistics support and fully meets the requirements of STANAG 2406.

UNMANNED AIRCRAFT WITH FIBER-OPTIC CONTROL CHANNEL

*S. Smyk, Candidate of Technical Sciences; O. Sapelnykov;
V. Petrov, Candidate of Military Sciences; O. Gurin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the widespread use of electronic warfare, solutions are emerging that allow eliminating the impact of these means. One such solution is a fiber-optic control channel. These control channels have been used for a long time in anti-tank missile systems and have received a new impetus for development when

used in unmanned aerial vehicles. The main advantages of unmanned aerial vehicles with a fiber-optic control channel are the elimination of the impact of electronic warfare and the absence of radio signal radiation. Accordingly, such means cannot be suppressed by electronic warfare means and direction finding. At the same time, unmanned aerial vehicles with a fiber-optic control channel have a number of disadvantages, including: limited range, determined by the length of the fiber-optic cable, reduced mass of the combat load and increased visibility in the optical range, caused by the need to use a rather voluminous reel with a fiber-optic cable, limited maneuverability characteristics associated with the peculiarities of the location of the fiber-optic cable and the need for the UAV crew to be relatively close to the line of combat contact at the time of launch, which is caused by the limited length of the fiber-optic cable. Accordingly, these disadvantages make it possible to organize countermeasures against such UAVs. Thus, their detection is possible using specialized radars at long distances and optical means at short distances. An increase in the mass of the combat load is possible only by increasing the dimensions of the UAV. Destruction of UAVs with a fiber-optic control channel is possible with specialized UAV interceptors at long distances and fire weapons at shorter distances. In addition, it is necessary to provide additional protection for military equipment.

Thus, UAVs with a fiber-optic control channel are a rather highly specialized means, the use of which is advisable in conditions when the target cannot be hit by other means and which can also be effectively destroyed by using their weaknesses.

SIMULATOR AS A TOOL FOR SAFE SIMULATION OF COMPLEX SITUATIONS

*O. Solomakha; B. Telyatnik; I. Mazhara, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A simulator as a tool for the safe simulation of complex situations is one of the key aspects in the training of air traffic controllers, as it allows them to recreate dangerous or emergency situations without the risk of actual harm to people or the safety of air traffic. Simulators make it possible to replicate scenarios that are impossible or extremely difficult to reproduce in real life but could occur during the course of work. Simulators allow for the recreation of various complex, unusual, and emergency situations, such as: Unstable weather conditions: fog, storms, strong winds. Technical failures: communication breakdowns, navigation equipment malfunctions, or flight control system failures. Unusual situations with aircraft: emergency landings, route changes, air or ground collisions.

These scenarios, despite their danger, can be safely simulated on simulators, providing air traffic controllers the opportunity to practice handling them effectively without putting real lives or equipment at risk. Real emergency situations are associated with high levels of stress and psychological pressure. Simulators help controllers learn how to stay calm and make correct decisions under pressure. Through repeated exposure to such situations, even if they are simulated, the simulator helps develop important qualities such as: Speed of response. Confidence in actions. Ability to make decisions under uncertainty by simulating real, often stressful scenarios, the controller becomes better prepared to act in emergency situations. In real life, an error by an air traffic controller can lead to catastrophic consequences. However, mistakes on a simulator do not result in fatal outcomes.

CONTROLLED PARAMETERS IN THE PROCESS OF FLIGHT MANAGEMENT

*O. Solomakha; O. Shulha; B. Teliatnyk; O. Sitkov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Controlled parameters in the process of flight management include the goals and motivations driving pilot activities. Among these motivations, the levels of achievement and aspiration significantly influence performance. Pilots place considerable importance on their work being evaluated by the flight management team. A survey conducted among cadet pilots revealed that their primary motivation is the desire to execute high-quality flights, particularly regarding maneuvers visibly assessed by the flight management group, such as takeoff, pre-landing glide, and landing. However, other motivations, identified as personal negative motivations, were also noted.

Negative motivations can lead to detrimental emotions, which impair a pilot's precision, disrupt movement coordination, scatter attention, and increase the likelihood of errors during critical tasks. This adverse effect is particularly pronounced in diligent pilots, who may experience heightened tension and self-doubt. Hence, the success of flight management depends on acknowledging the individual psychological characteristics of pilots.

In conclusion, the psychological traits inherent in pilots as subjects of management fundamentally shape the management activities of the flight management team.

DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF APPLICATION OF MODERN NANO-UNMANNED AVIATION SYSTEMS FOR TACTICAL INTELLIGENCE

*A. Sinchuk; V. Snitsarenko; Y. Shevchenko; O. Salnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current geopolitical situation in the world is becoming increasingly unstable due to the growing tension between the countries of the world community. This is directly reflected in the systematic increase in the number of military conflicts over the redistribution of existing interstate borders. In the course of active hostilities, one of the necessary components of future victory is the availability of up-to-date tactical intelligence information.

In order to obtain it qualitatively, leading world manufacturers continue to improve specialized nano-unmanned aircraft systems (UAS). The most famous of which is the UAS Black Hornet 4 PRS from FLIR Defense, which is currently used in more than 40 countries around the world and has undoubtedly proven its effectiveness.

But the high cost (80-190 thousand dollars) and a number of restrictions on the purchase of this UAS encourage people to turn to alternative UAS. They are equipped with a digital video channel and a first-person video control system. This makes it possible to successfully perform tactical reconnaissance tasks. The main advantages of such NBAS are significantly lower cost, availability in free access, the ability to independently create custom NBAS for specific tasks. The most modern, at the moment, is NBAS, which includes digital video glasses DJI Goggles 3 and nano-unmanned aerial vehicle model Nimble HD O4 65 mm Tiny Woop.

The prospects for the development of NBAS include the systematic improvement of their technical characteristics and the use of artificial intelligence to increase autonomy, the ability to act as part of a "swarm" to perform complex mission scenarios.

INCREASING THE EFFICIENCY OF DETERMINING METEOROLOGICAL CONDITIONS USING UNMANNED AIRCRAFT

*V. Buzenovskiy; K. Buzenovska; O. Yakovlev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Unmanned aerial vehicles (UAVs), or drones, in modern conditions of war have shown their effectiveness in many areas. UAVs are used to collect intelligence information about the enemy, adjust missile forces and artillery, and also to strike manpower and equipment. Thanks to the development of technologies and improvement of UAVs, it's possible to obtain detailed and actual information about the weather.

During combat operations, meteorological support of troops plays a decisive role in ensuring the success of military operations. The influence of weather conditions and incorrect weather forecasts can lead to the failure of combat missions, and even worse, to the loss of military equipment and personnel. Therefore, accurate and timely weather forecasts allow for the effective planning and conduct of military operations.

Yes, the weather can change very quickly, and this can have a significant impact, so it's important to have actual information about the current weather conditions in the area of combat operations. Atmospheric parameters such as visibility, cloudiness, wind, temperature, humidity, and other can significantly affect the use of aviation, the range of missiles, the accuracy of firing, complicate the movement of military equipment and personnel, make visual reconnaissance impossible. Extreme weather conditions can also negatively affect soldiers' morale, cause fatigue, and reduce combat effectiveness.

NUMERICAL METHOD FOR DETERMINING THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A DAMAGED UAV

*Y. Kolesnik; Y. Krepko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The large number of attack UAVs used in combat operations is due to the simplicity and relative cheapness of their manufacture and operation. Thus, Ukrainian production opportunities for the manufacture of such UAVs in 2023 amounted to 300 000 units, and in 2024 – about 4 million units. An analysis of the combat survivability of attack UAVs was conducted, it was shown that determining the characteristics of UAVs taking into account combat damage is a relevant scientific and practical task.

The numerical method for determining the aerodynamic characteristics of UAVs with damage is based on the modified method of discrete vortices with closed vortex frames. Since the selected method is based on the model of an ideal inviscid fluid, semi-empirical dependences are used to determine the drag coefficient of the UAV at zero lift.

To verify the developed methodology, the results of calculations were compared with the results of an experiment in a low-speed wind tunnel T-4 (KHAI) with an open working part at Reynolds numbers $Re = 0.68 \times 10^6$, which correspond to small-sized shock UAVs. The satisfactory coincidence of the results of our own calculations with the experiment allows us to state the adequacy and operability of the developed methodology. The results of studies of the moment characteristics of an aircraft-type shock UAV with combat damage and production asymmetry are presented. The maximum capabilities of the control elements for compensating for the received combat damage are determined.

INTERACTION BETWEEN THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE AND THE AIR DEFENSE OF THE DEFENSE FORCES OF UKRAINE

*S. Martynenko; O. Shmyhlenko; V. Ralko; O. Khudaiev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The interaction of aviation with the air defense (ADF) of the defense forces of Ukraine is organized during joint actions with the aim of successfully completing the assigned tasks.

The interaction must be continuous and ensure coordinated actions in solving the main task, which is the safety of the flight of its aviation over the combat formations of the Ground Forces and the exclusion of its strikes on its troops. Which, in turn, is achieved by mutual recognition.

Of the variety of issues of organizing the implementation of mutual recognition, the most complex are:

- providing aircraft crews in the air with information about the position of their troops and strike targets;
- recognizing signals prohibiting the launch of anti-aircraft missiles at their aircraft, as well as missile launches, bombing and shooting from aircraft (helicopters) in cases where their troops may be hit.

Of particular difficulty is the recognition by the troops (air defense complexes) of their aircraft returning across the line of combat contact after completing the task, as well as our fighters participating in repelling a massive enemy air raid.

The analysis shows that mutual recognition of interacting forces and means with sufficient reliability can be ensured provided that the skillful integrated use of available radio-technical and visual means, as well as clear interaction between the command bodies of the Ground Forces and aviation, is carried out.

COUNTERING UNMANNED AIRCRAFT WITH ELECTRONIC WARFARE MEANS

*O. Kazimirov¹, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
P. Onypchenko², Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor;
O. Gromyko², Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor*
*¹National Academy of the National Guard of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Countering unmanned aerial vehicles (UAVs) is a promising area of application of electronic warfare (EW) means.

There are two main ways to use EW means when combating UAVs, namely:

– preventing the receipt of reliable information or introducing false information into the UAV's control and data transmission system;

– preventing the receipt of reliable information or introducing false information into the UAV's navigation system, which uses signals from satellite radio navigation systems.

An analysis of the advantages and disadvantages of using EW means against UAVs shows that EW means are a highly effective and promising means of combating UAVs.

Unfortunately, at the current stage of their development, EW means cannot 100% guarantee the termination of the UAV's flight to the object being covered. In addition, EW means have limitations in terms of their range of application, require electromagnetic compatibility with other EW means, and do not have a high level of selectivity with respect to targets for suppression by jamming.

Thus, when considering countermeasures against UAVs, it is advisable to use EW means in combination with other countermeasures, primarily fire weapons.

FEATURES OF THE USE OF TRANSPORT AVIATION IN PEACEKEEPING OPERATIONS WHEN LANDING TROOPS TO THE ADVANCED AIRFIELDS

*V. Momont; K. Prodeus; O. Motuzov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Conducting military operations by peacekeeping forces today is caused by the need to ensure the laws of democracy in certain regions (countries) of the world. The conditions and natural and geographical features of such regions can be unpredictable. Therefore, in areas where there are certain problems with the delivery of troops, weapons and equipment, the potential of military transport aviation forces should be fully utilized.

Military transport aviation allows for a rapid response to changing conditions in the forward areas, quickly changing the location of forces and resources to optimize the performance of tasks.

However, the tasks of delivering military forces to the front lines of combat operations are quite dangerous. During such missions, transport aircraft may come under fire from enemy air defense systems, the influence of enemy fighter aircraft, or be destroyed by ambush by portable air defense systems of the enemy subversive reconnaissance group. Therefore, the issue of reducing the likelihood of aircraft damage during such missions always remains relevant.

The main direction to improve the results of airborne troop delivery remains to reduce the time (exclude) the time spent by aircraft in the area of enemy forces. This can be achieved through: comprehensive and integrated reconnaissance of enemy forces, "camouflage" of aircraft, use of the most optimal flight routes, and rapid (energetic) maneuvering in takeoff and landing areas.

For NATO military transport aviation, a document has been developed that defines the rules for such air transportation – STANAG 3998 ATP-3.3.4.3.

The task of the aviation specialists of the Armed Forces of Ukraine is to adapt this standard to the conditions and capabilities of the military transport aviation of Ukraine and to determine the methods of conducting such flights in the conditions of Russian aggression.

PLOTTING OF UNMANNED AERIAL VEHICLES ROUTES WHEN COUNTERING ENEMY EW MEANS

*D. Lytvynchuk; S. Martynenko; V. Chebanenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main problem in the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in modern warfare is the effective planning of their flight routes. This process is characterized by significant time and computational complexity due to the need to take into account numerous factors, such as weather conditions, the presence of obstacles, the activity of enemy air defense (AAD) and electronic warfare (EW), as well as the need to optimize resource consumption and ensure maximum efficiency of searching and monitoring objects.

The lack of effective models and methods for laying routes leads to the loss of aircraft, insufficient efficiency in performing assigned tasks and increased costs for UAV operation. Given the high cost and complexity of UAV maintenance, it is important to develop intelligent decision support systems that will automate the processes of planning UAV routes during combat operations in conditions of counteraction to enemy EW.

Thus, the issue of studying UAV routing when countering enemy electronic warfare and air defense means is relevant in order to increase the effectiveness of their combat use based on modern mathematical optimization algorithms, the use of geographic information systems, and algorithmic methods of artificial intelligence.

Based on the above, the following issues were addressed during the study:

- the capabilities of the Russian Armed Forces' electronic warfare capabilities to suppress UAVs during combat missions were analyzed;
- recommendations were provided regarding the flight of UAVs along a specified route during combat missions.

THE USE OF THE CASE METHOD IN THE STUDY OF THE DISCIPLINE "FLIGHT OPERATION AND COMBAT USE OF AIRCRAFT"

*D. Sinenko¹, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor;
O. Vovk¹, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
O. Golovan², Candidate of Military Sciences, Associate Professor; A. Sushko¹
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²National Academy of the National Guard of Ukraine*

The training of future military pilots under the current conditions of military aggression by the Russian Federation against our state is of particular importance. One of the results of this training is the mastery of aircraft by graduates in terms of piloting techniques, navigation, and combat use. The theoretical foundations for achieving these results are taught in the discipline "Flight Operation and Combat Use of Aircraft".

An important result of studying this discipline is the acquisition of knowledge and skills by cadets to act in special cases during flight. To achieve this goal, it is advisable to use the case method (case-study) – a method of active problem-situational analysis, which is based on learning through solving specific tasks – situations.

In our case, solving the case will consist of: studying the proposed emergency situation in flight (case); obtaining and analyzing flight information; discussing

possible scenarios of the situation and the crew's actions; working out the best solution.

The immediate goal of the method is to conduct, through the joint efforts of a group of cadets, an analysis of an emergency flight situation that arises at a certain stage of the flight, and to make a practical decision regarding actions in a special case during flight. The result of this process is the evaluation of the proposed algorithms of practical actions and the selection of the best one in the context of the problem posed.

The use of this method will allow cadets to deepen their knowledge and improve their skills in making decisions regarding actions in emergency situations and special cases during flight.

GROUP APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AND GROUND ROBOTIC SYSTEMS: CHALLENGES, SOLUTIONS, AND PROSPECTS FOR CLOUD-AGENT TECHNOLOGIES

I. Kliushnikov^{1,2}, Candidate of Technical Sciences; Senior Researcher;

M. Kasatkin¹, Candidate of Technical Sciences; A. Serediuk¹

¹National Aerospace University H.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The combined use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and unmanned ground vehicles (UGVs) is a growing trend in areas such as environmental monitoring, disaster relief and infrastructure inspection. Working together, these systems can improve mission success, but they also pose challenges in terms of communication, task allocation and route planning under changing conditions.

Many recent studies have used advanced algorithms such as A*, particle swarm optimization and genetic algorithms to solve problems such as route planning, risk management and energy conservation. These methods help to balance speed and accuracy in missions, although adverse weather and complex terrain can still affect performance.

The research proposes a new approach that uses multi-agent systems in the cloud to control UAVs on the ground. In this system, independent cloud-based agents work together to manage both UAVs and UGVs. They calculate optimal routes and assign tasks by collecting real-time data from the field, reducing the heavy computational load on the vehicles and improving mission reliability.

By using these cloud agents as a multi-agent system, the facility can quickly respond to changes in the environment, such as bad weather or unexpected obstacles, and adjust the routes for the UAVs. This not only saves energy, but also increases overall performance. Future work should focus on further improving this approach and ensuring that it remains reliable in real-world conditions.

FEATURES OF THE USE OF HELICOPTER OF HELICOPTER UNITS IN CASE OF FIRE DAMAGE TO THE OF DIFFERENT TYPES OF ENEMY

V. Pomazuiev; I. Miltsyn; O. Miroshnichenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In 2024, Army Aviation (AA) units were involved in intercepting and engaging airborne targets (AT). One of the main problems faced by helicopter crews when intercepting AOs is the ability to detect UAVs at night in simple meteorological

conditions (SMC). To solve this problem, additional helicopters with special optoelectronic and light onboard equipment were assigned to the strike groups. This proved to be quite effective. Searchlights helped to detect and recognize the UAVs when using night vision goggles (NVGs). Also, the presence of thermal night vision devices with laser pointers on board ensures a fairly high efficiency of UAV detection.

The areas of operation of helicopters were limited by the enemy's ability to use S-400 air defense systems against Ukraine, the helicopters' capabilities in terms of speed, range and duration of flight, as well as the areas of concentration of air defense systems, and the capabilities of our units' radar stations to detect UAVs, which provide the relevant air guidance points. The effectiveness of intercepting the airborne targets depended on the availability of an altimeter at the airborne targeting point (to inform the crew of the interceptor helicopter about the height of the enemy UAV).

Thus, to increase the effectiveness of attack helicopter groups, it is proposed to equip these helicopters with special optoelectronic, thermal imaging and light onboard equipment. It is also necessary to provide the UAVs involved in the tasks of guiding helicopter strike groups to enemy UAVs with modern radio altimeters to accurately determine the altitude of the UAV.

METHODS AND MEANS OF AUGMENTED REALITY AND DIGITAL TWINS FOR INTELLIGENT UNMANNED SYSTEMS FOR SEARCHING EXPLOSIVE OBJECTS

I. Kliushnikov^{1,2}, Candidate of Technical Sciences; Senior Researcher;

O. Oliinyk¹; M. Kasatkin², Candidate of Technical Sciences

¹National Aerospace University H.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Explosive objects are a global problem and a constant threat due to the fact that they can remain active and unpredictable and potentially explosive even decades after the end of hostilities in liberated territories.

The purpose of this work is to develop methods and means of augmented reality and digital doubles for intelligent unmanned systems for searching for explosive objects.

There is already a solution using augmented reality for searching and manual demining in the form of a smartphone app. The existing solution is called UXO-AID and is an application for mobile devices, which is able to determine exactly what type of UXO the operator sees based on the existing database of objects through the smartphone camera.

After the analysis, it was established that a solution is needed that can provide information about UXO using the latest technologies. The application will process data that will be provided by the UXO locating system in the form of a database from a drone or using Computer Vision. The input data are as follows: the location of the object (GPS coordinates and depth level, if available); predicted type of UXO. The application processes this information and provides an interactive map of the area with markers on explosive objects. The application also has an augmented reality mode, where the user can see information about UXO in real time through the camera.

Thus, such a system can provide information about UXO quickly and conveniently.

ANALYSIS OF CLASSIFICATION FEATURES OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

V. Bezdielnyi¹, Ph.D.; O. Shulha²

¹Ministry of Defence of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

A critical analysis of the classification features of unmanned aerial vehicles by their weight, configuration, level of application and type of power plant. It has been established that the national classification of unmanned aerial vehicles does not fully take into account the development of unmanned technology, so there is a need to introduce changes to it. An improved classification of unmanned aerial vehicles by type of propulsion system has shown that a promising direction for improving the flight performance of unmanned aerial vehicles is the introduction of hydrogen and hybrid propulsion systems.

In the context of combat operations, it is impossible to imagine the actions of ground troops without air reconnaissance, combat support and targeted strikes on tactical and strategic enemy targets without the use of UAVs. The integration of the advantages of airplanes and helicopters into UAVs is of great interest to the aviation industry. Further research will focus on analyzing the requirements for hybrid unmanned aerial vehicles and synthesizing aerodynamic layouts of hybrid and hydrogen UAVs.

The national classification of UAVs does not fully take into account the trends in the development of unmanned vehicles. The improved classification of UAVs by the type of power plant is a promising direction for improving the flight characteristics of aircraft.

CALCULATION OF CORRECTIONS FOR FLIGHT TIME AND AIMING ANGLE OF UNGUIDED AIRCRAFT ROCKETS (UAR)

V. Kozak; Y. Mykytyn; P. Liasota; B. Osypets

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

For operational calculations to determine aiming parameters when firing UARs from dive and horizontal flight, the corrections to the flight time and aiming angle, which arise due to the peculiarities of taking into account the non-linear change in the UAR's speed along the trajectory, are of great importance in determining the aiming angle.

Taking into account changes in some ballistic characteristics of the most widely used UARs, it became necessary to adjust the reference data for operational calculations.

When calculating the aiming angle when firing a UAR, there is a difference from calculating the aiming angle for a projectile, which arises from the fact that the UAR's flight trajectory has two sections: the active section, where the UAR engine is operating, as a result of which its speed increases; the passive section, where the UAR, like a projectile, flies by inertia with a decrease in speed. Taking into account such a change in speed to find the aiming angle and flight time of the UAR is possible only by calculating the equations of motion of the rocket along the trajectory, which requires rather complex calculations and is unacceptable for operational calculations. When performing operational calculations, the law of speed change of the UAR on the trajectory is replaced by some calculated projectile that

repeats the nature of the UAR's movement on the passive section. But due to the increase in the average speed of the equivalent projectile on the trajectory, pre-calculated corrections are used to calculate the exact values of the aiming angle and flight time of the UAR.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MANEUVER PULL-OUT ALTITUDE ON THE CONDITIONS OF ATTACK WITH UNGUIDED AIR-TO-AIR ROCKETS FROM A PITCH-UP MANEUVER

*V. Kozak; Yu. Chaun; A. Gorobec
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, the tactic of launching unguided air-to-air rockets (UARs) from a pitch-up maneuver is actively used, which allows engaging enemy personnel and equipment while excluding aircraft from entering the enemy's air defense engagement zone or reducing the time spent in the dangerous zone to a minimum.

The flight range of UARs, in addition to the characteristics of the rocket itself, significantly depends on the launch conditions (speed and pitch-up angle).

When performing an attack from a pitch-up maneuver, along with the flight range of the rocket, the maximum altitude of the aircraft in the immediate vicinity of the line of combat engagement is of great importance.

Performing a UAR attack with pitch-up angles of 40-45° and a speed of 800 km/h allows hitting a target at distances of over 10 km from the starting point of the maneuver, but after completing such a maneuver, the aircraft gains over 1400 meters of altitude, which will create more favorable conditions for enemy air defense systems to detect and destroy the aircraft.

The report presents the results of an analysis of the relationship between the speed of entering the maneuver and the pitch-up angle, which will minimize the altitude gain when performing the attack and ensure an acceptable flight range of the UAR.

INFLUENCE OF HEAVY PRECIPITATION ON THE LEVEL FLIGHT SAFETY

*V. Boiko; V. Ishchuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A decrease in the level of flight safety in conditions of heavy downpours can be caused by the deterioration of the aerodynamic and flight technical characteristics of the aircraft, the complication of piloting conditions, the effect on the operation of air pressure receivers and the stability of the engines. Deterioration of aerodynamic and flight technical characteristics occurs as a result of a slight increase in the weight of the aircraft, loss of kinetic energy, roughness of the surface of the fuselage and bearing surfaces of the aircraft.

The biggest complications in piloting during torrential rain occur when flying at extremely low altitudes and when landing.

The impact of heavy downpours on the flight of an aircraft depends on the intensity, which is estimated by the height of the column of precipitation that falls per unit of time. The dispersed composition of raindrops is important for assessing the impact of heavy rain on flight.

One of the methods of researching the influence of heavy downpours on the peculiarities of the movement of aircraft is the method of mathematical modeling. A mathematical model of aircraft movement that takes into account changes in aerodynamic characteristics and ensures the implementation of optimal control allows to study the influence of various operational factors.

Based on the simulation results, it can be concluded that the impact of heavy rain on the flight of the aircraft is manifested in a decrease in the forward speed and an increase in the vertical speed.

The simulation results showed that in conditions of rain with an intensity of 400 millimeters per hour during the approach to landing, the flight characteristics of the aircraft may deteriorate, equivalent to a wind shift of the order of 5 meters per second in a layer of 30 meters, and the time required to restore the disturbed balancing due to the influence of rain is 20-25 seconds.

GAINING AIR SUPERIORITY THROUGH THE DEVELOPMENT OF SMALL AIRCRAFT MISSILES WITH ADVANCED CAPABILITIES

V. Lenets

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Experts from the world's leading companies involved in the development and manufacture of modern air-to-air missiles believe that further improvement of the homing heads of advanced air-to-air missiles will significantly reduce the effectiveness of traps and decoys currently used by airplanes and helicopters.

There is a need to develop so-called anti-missiles to protect aircraft from enemy air-to-air and anti-aircraft guided missiles.

At the beginning of the twenty-first century, the first homing missile warheads appeared in service, which are capable of providing a direct hit to kill of a ballistic missile or air-to-air missile.

The report addresses the following key issues:

- the impact of anti-missile development on tactical aviation (TA) tactics;
- ensuring self-defense of TA aircraft in the near combat zone;
- the possibility of penetrating the A2/AD environment with minimal damage to TA aircraft;
- the possibility of repelling group launches of air-to-air missiles and anti-aircraft guided missiles of the enemy.

Air-to-air missiles may become one of the main elements of gaining air supremacy in the future, and their development should become one of the main priorities for arming the aircraft of the Ukrainian Air Force.

FLIGHT SIMULATORS – FEATURE OF MODERN AIR FORCES

V. Liashenko; I. Oliinyk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

An analysis of the usage of educational and training complexes in world's leading aviation countries shows that, along with modernization of aviation technique, newest solutions are introduced in the training of flight personnel. One of these tendencies are upgrading educational system of cadet pilots by introducing modern flight simulators of different classes (Full Flight Simulator, Full Training Device etc.) with arranged Fixed Wing system and Flight and Navigation

Procedures Trainer, virtual reality (VR) and artificial intelligence (AI) unified by Federal Aviation Administration and European Union Aviation Agency.

Aviation trainers with arranged system Fixed Wing allows cadets to develop their motor memory while working with airplane equipment.

Training Aviation Combat Training Systems and Air Combat Training System will help to get virtual combat experience in the use of various types of modern weapons and counter enemy's air defense system, Beyond Visual range module will help to train air combat with current aerodynamic means of enemy air attack.

Also, other special advantages of modern trainer complexes and systems are the opportunity to study aviation English, joint education with allies to practice interoperability, including in a hybrid environment (simultaneously with real aircraft), which can significantly increase the effectiveness of training.

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF SIMULATOR COMPLEXES IN THE TRAINING OF PILOT CADETS AND SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE TRAINING PROCESS

B. Beskubskyi; I. Oliinyk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The active changes in the nature and methods of modern warfare require improving the methods of theoretical and practical training of cadets, updating (modernizing) the training facilities to ensure that the process of improving theory and practice is effective and complementary, and that future airmen have the opportunity to choose their own ways of performing combat missions and find a way out of non-standard situations by quickly analyzing the situation and choosing the best actions.

This report compares two types of aviation simulators: a personal computer-based flight simulator with control lever imitators and an open cockpit aircraft flight simulator. The advantages and disadvantages of these technical training tools were considered in terms of the complexity (simplicity) of maintenance and operation, the list and complexity of training tasks, realism and interaction between trainees, etc.

Ways to improve training on modern training equipment are proposed for discussion, including the need to develop a pilot's ability for creative tactical thinking. Emphasis is placed on the fact that the professional training of cadets is a very complex and lengthy process that requires starting from the first years of study.

SMALL WIND TUNNEL PROJECT

S. Kalkamanov¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;

O. Maksimovich², Doctor of Technical Sciences, Professor; M. Skira¹; V. Kozak¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Lviv Polytechnic National University

The wind tunnel is one of the effective devices for demonstrating the basic laws of interaction of bodies with the air flow. The report presents the results of the work on the development of a series of projects of a small-sized low-speed wind tunnel for conducting laboratory classes on the academic discipline "Flight Principles".

Open-type wind tunnel, up to 1.3 m long. Cylindrical prechamber with a diameter of up to 0.5 m. After the prechamber, a confuser is installed – a Vitoshinsky nozzle with a round outlet section with a diameter of up to 0.3 m. The

working part is open. The electric motor is asynchronous, with an electronic fan speed controller. The controller allows you to smoothly change the air flow speed in the tube.

The power of the electric motor is determined by energy losses on the equalizing (deturbulizing) structural elements inside the wind tunnel and the air flow speed in the working part. With an engine power of up to 0.6 kW and an air flow velocity of up to 22 m/sec, only a honeycomb with a step of 0.04 m can be used to equalize the flow inside the pipe. With this option, the degree of flow turbulence in the pipe exceeds 2.5%. When using a 2 kW engine, it is possible to reduce the degree of flow turbulence in the pipe to 0.8%. This requires the installation of a straightening device behind the fan, a deturbulizing mesh with a drag coefficient of 2.0, and a honeycomb with a step of 0.02 m.

At the Department of Aerodynamics and Flight Dynamics of the Kharkiv National Air Force University, a portable small-sized wind tunnel with an air flow speed of 12 m/s has been developed and is used in the educational process.

THE POTENTIAL OF THE JAS 39 GRIPEN IN THE AERIAL OPERATIONS OF THE UKRAINIAN AIR FORCE

*V. Fedorchak, Ph.D., Associate Senior Lecturer
Swedish Defence University (Stockholm, Sweden)*

The air war over Ukraine illustrated significant changes in how modern warfare in general and aerial warfare specifically could look like and which tasks aerial assets can achieve on their own or in conjunction with others. Although the initial stages of warfighting in Ukraine illustrated the establishment of mutual air denial, the necessity of modernisation of piloted tactical aviation, introduction and consequent increase in Western aircraft in the Ukrainian Air Force has only increased with the continued demands of high-intensity warfighting and protraction of this war.

Various Western aircraft, such as the F-16 and now the Mirage 2000, were introduced into the Ukrainian arsenals in different stages of the last year. The remaining question is about the potential introduction of the famous Swedish JAS 39 Gripen. The purpose of this presentation is to address how distinctive characteristics of the Gripen can strengthen Ukrainian air power in opposing Russian aggression.

Gripen is one of the most agile 4th generation fighter jets, built specifically for the employment of dispersed basing and constant move, which means it allows for short take-off and landing in rather contested operating environments. It was designed to be less demanding in servicing, allowing a few conscripts to conduct fast maintenance and rearmament within 10-15 minutes. These features corresponded to the Swedish concept of maximising the number of sorties and reduction of viable targets as a means of reducing the enemy's numeric superiority.

Gripen has significant manoeuvrability and agility aimed at outmanoeuvring the opponent when required. However, the primary focus was also placed on identifying the enemy aircraft earlier and, hence, engaging the target sooner than direct air-to-air combat would require. This is primarily achieved through state-of-the-art avionics. Furthermore, it is equipped with eight hard points and an internal 27mm cannon. Its payload is maxed at 4,200 kg, with six pylons and two rails for missiles. It is completely compatible with other Western weapons.

Its utility for Ukraine cannot be overestimated since it can be employed across most of the air power roles and tasks. This aircraft was built for dispersal, constant movement and operating in the most contested environments.

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CADET TRAINING ON AIRCRAFT SIMULATORS: NEW OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

*O. Rohozhynskiy; V. Kashko; O. Kovalenko; S. Fedjuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The relevance of integrating artificial intelligence (AI) into cadet training on aviation simulators is especially increasing in the context of the war in Ukraine, where highly qualified pilots are critical to ensuring national security and effectively carrying out combat missions.

In conditions of limited resources and a complex economic situation, the integration of AI into cadet training on aviation simulators has become a necessity. AI allows the creation of simulators that quickly adapt the training process to specific conditions and requirements, simulate realistic combat situations, and ensure high training effectiveness without significant financial investments in physical equipment, which is difficult to obtain in wartime. This greatly improves pilot training and reduces the time needed to master essential skills.

The possibilities of implementing AI in cadet training on aviation simulators are explored, and the ways to address problems that can be solved with these technologies are detailed. This includes the personalization of the learning process, automated error analysis, the creation of complex and realistic training scenarios, and the use of augmented and virtual reality technologies.

The integration of AI significantly improves the accuracy of training, automates the error analysis, and creates simulators that realistically imitate non-standard situations.

The use of AI in aviation training enhances the efficiency of cadet preparation by adapting the process to current requirements, ensuring high safety and training effectiveness, which is extremely important in the context of the ongoing war in Ukraine.

USEFULNESS OF USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN THE TRAINING OF CADET PILOTS IN PRACTICAL AERO-DYNAMICS

*R. Kyryluk; A. Olieinykov; I. Oliiynk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The application of new technologies in the field of training of military specialists is one of the key trends in the development of the army in the XXI century. In particular, the introduction of virtual reality (VR) tools in the process of training of linemen is an important step in improving the efficiency and safety of lineman training.

The advantages of the use of VR tools in the training of cadets – pilots in terms of realism, efficiency and speed of learning, the possibility of "boring" in the educational process, repeated repetition of a complex (critical) element of the training for the immediate identification of errors and consolidation of competent actions, ensuring the individual-oriented approach, safety and economy of resources.

In the process of studying the issues of practical aero-dynamics, VR tools allow to visualize (to represent in detail) the changes in the points of attack, speed, wraparound and forward thrusts, vibration, vibrations, etc., giving the opportunity to see how the changes in operational factors affect the characteristics of the aircraft's flight and behavior, which is important in the formation of the "image of the aircraft".

The work proposes ideas for improving the effectiveness of the introduction of VR-technologies in the training of pilot cadets. It is stated that the implementation of VR together with piece intellect in the training of military pilots can be considered a strategically important trend in the development of military education (professional training) of aviation personnel.

ANALYSIS OF AIRCRAFT BEHAVIOR AT STEEP GLIDESLOPE ANGLES

*M. Osovytskyi; Yu. Chaun; V. Kozak; D. Mykhailichenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Due to the Russian-Ukrainian war, there has been a need for accelerated approach and landing maneuvers at airfields (sites) with limited approaches, which is very often accompanied by atypically steep glideslope angles.

The main factors influencing aircraft behavior in these flight regimes are the capabilities of the aircraft and the level of crew training. Objective complicating circumstances include: enemy countermeasures; negative environmental influences (icing, wake turbulence, turbulence, wind shear); aircraft system failures (power plant failures, control system failures, flight instrumentation failures). Subjective factors include crew errors and violations caused by excessive stress.

The report analyzes the key role of wing high-lift devices and examines various wing mechanization schemes for different aircraft types. The crew's capabilities to perform approaches and landings at airfields with limited approaches and steep glideslope angles are substantiated.

It is proposed to consider the possibility of using modern aircraft with more advanced wing high-lift devices and the use of the Coandă effect for such flights. It is proven that the An-74 aircraft has the necessary aerodynamic properties for safe and effective approaches with steep glideslope angles, which opens new perspectives for its use in difficult conditions at airfields with limited approaches. The results obtained can be used to justify recommendations for performing landings at steep gradients during combat operations.

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL FOR UPGRADING THE HELICOPTER FLEET OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*V. Bezpalyy; R. Nikolaev; Yu. Singaevskiy
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Helicopters are an essential component of defense forces in modern warfare with the Russian Federation. They continuously perform combat and transport missions.

As a result of the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine, the existing helicopter fleet is inevitably decreasing. In addition, new tasks are emerging for army aviation units. Currently, the aviation units of the Armed

Forces of Ukraine are significantly limited in their capabilities due to the presence of outdated aircraft equipment, including helicopters.

The production and development of new models, technical and scientific solutions in the modernization and creation of new helicopters is a complex issue for our country in terms of their implementation (costly financing, necessary safe production facilities, long time).

Improving the capabilities of the helicopter component of aviation units can primarily be associated only with the replacement of obsolete Soviet-made helicopter models with existing modern models of foreign-made helicopters.

A comparison of the flight-technical characteristics (FTC) of Soviet-made helicopters, which are in service with the Armed Forces of Ukraine, and the FTC of helicopters of similar foreign-made purpose makes it possible to select a replacement for the outdated helicopter fleet of the Armed Forces of Ukraine with modern models.

Thus, it is possible to offer modern analogues of combat, transport and training helicopters, which can be put into service with the Armed Forces of Ukraine in the near future.

ВІДПОВІДНІСТЬ НОВІТНЬОГО ПОКОЛІННЯ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ESG-ПРИНЦИПАМ

*С.В. Лайське; Н.М. Пантелєєва, д.е.н., к.т.н., проф.
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

За прогнозом у 2032 р. капіталізація ринка авіаційних двигунів досягне 600 млн дол США проти 250,7 млн дол США в 2022 р. Передбачається, що драйвером цього стрімкого зростання буде розвиток новітнього покоління авіаційних двигунів (АД), адаптованих під вимоги цілей глобальної концепції сталого розвитку. При цьому, для компаній, в тому числі авіадвигунобудування, обов'язковою умовою стає відповідність ESG-принципам (відсутність значної шкоди і позитивний ефект для суспільства). Вони повинні реалізовуватися як в новому поколінні АД, так і організації та управлінні процесом їх створення. Так, екологічні принципи – управління якістю, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище шляхом зниження шумового забруднення, зменшення викидів CO₂ від АД, а також розробці/експлуатації нових типів двигунів (електричних і гібридно-електричних), екологічно чистого (SAF) і альтернативних видів палива. Прикладом є проекти АД UltraFan (Rolls-Royce) та AEPS (Honeywell), сертифікований електродвигун ENGINEUS 100 (Safran). Соціальні принципи стосуються соціальної відповідальності при управлінні персоналом, взаємодії з партнерами, клієнтами та суспільством. Корпоративне управління включає комплаєнс, транспарентність, боротьбу з корупцією, логістику, управління ризиками. В практику авіадвигунобудування поступово входить подання ESG-звітності і проходження ESG-моніторингу. Так, лідери ринку Rolls-Royce Holdings (Великобританія) і Safran SA (Франція) мають середній рівень ESG-ризиків (23,1/3 позиція і 28,1/17 позиція в галузі відповідно).

Отже, новітнє покоління АД демонструє впровадження екологічно відповідальних військових технологій, що відповідає цілям сталого розвитку і ESG-принципам.

ON THE RELEVANCE OF USING SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF THE USE OF ELECTRONIC WARFARE

*O. Kovalenko; R. Onyschenko; V. Kashko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of hostilities in the Russian-Ukrainian war testifies to the importance and necessity of timely response to the placement of radio interference, which affects the operation of satellite navigation systems. Modern electronic warfare equipment allows you to suppress the operation of satellite navigation systems in two directions:

first, they can suppress the frequency at which signals are transmitted from satellites. This does not allow satellite navigation systems to determine their location in space;

second, they can deliberately introduce an error in the operation of satellite navigation systems (the so-called "spoofing"). In this case, the satellite navigation system seems to determine the coordinates of its location, but the coordinates of its location are incorrect.

The listed radio interferences are widely used by electronic warfare equipment of both their own and enemy troops in the areas of hostilities. This makes it difficult to use satellite navigation systems when performing combat missions in these areas.

To ensure the reliability of navigation during combat missions, in areas where the use of electronic warfare equipment is possible, a necessary condition is the integrated use of navigation equipment, high-quality visual orientation and the use of inertial systems.

APPLICATION OF IMPACT UNMANNED AIRCRAFT IN THE SYSTEM TO COUNTER DISPOSABLE UNMANNED AIRCRAFT "SHAHED-136" ("GERAN-2")

O. Odosii¹; O. Korobetskyi²

*¹Aviation Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the main features of the Russian Federation's hostilities against Ukraine is the widespread use of single-use "Shahed-136" ("Geran-2") unmanned aerial vehicles during mass strikes.

In the conditions of the numerical advantage of the enemy and the active use of single-use unmanned aerial vehicles "Shahed-136" ("Geran-2"), which are used to destroy objects critical infrastructure, there is a need to modernize the existing countermeasure system taking into account the strengths and weaknesses of the identified unmanned aerial vehicles. The countermeasure system includes such components as:

- means of detecting unmanned aerial vehicles;
- countermeasures with the use of weapons;
- countermeasures using means of radio-electronic warfare.

In order to increase the effectiveness of combating single-use unmanned aerial vehicles "Shahed-136" ("Geran-2"), it is advisable to implement an unmanned air cover system that will be a component of the overall system countermeasures and

must interact with ground means of countermeasures and supplement its capabilities. This will increase the effectiveness of the system of combating unmanned aerial vehicles of single use "Shahed-136" ("Geran-2").

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CHANGING WEATHER CONDITIONS ON UAV OPERATIONAL CHARACTERISTIC

*V. Bezpalyy; O. Pidlisnyi; Yu. Chaun
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The active use of unmanned aerial vehicles (UAVs) during combat operations in the war with the Russian Federation has revealed a number of problems that hinder their effective use in challenging weather conditions.

Low air temperatures reduce the operating time of UAV batteries. Cold and humid air leads to icing of the propellers and, as a result, loss of their functionality.

Precipitation in the form of rain and snow makes the use of UAVs ineffective or even impossible. Strong wind make it difficult to control UAVs.

In most UAVs of various designs, propellers are used as the propulsion system, the operation of which depends on air parameters such as density, pressure, and temperature. Studying the influence of these air parameters on the operation of UAV propellers provides an understanding of the possibility of their use in difficult weather conditions.

As the air temperature increases, its density decreases. Conversely, as the temperature decreases, the air density increases.

With increasing altitude, both atmospheric pressure and air temperature fall, having mutually opposite effects on air density.

Humidity can significantly affect the behavior of a UAV. Water vapor is lighter than air, so with increasing water content, the air becomes less dense. This increases the density altitude and worsens the aerodynamic characteristics of the UAV. For specific selected conditions, the air density is minimal when it contains the maximum amount of water vapor.

BEHAVIOR OF AIRCRAFT IN CRITICAL FLIGHT REGIMES RESULTING FROM ENTERING COMPLEX SPATIAL POSITIONS

*Y. Chaun; M. Osovytskyi; V. Bezpalyy; D. Mykhailichenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

According to statistics, approximately 30% of accidents in transport and commercial aviation are attributed to aircraft entering complex spatial orientations (CSO) followed by stalls and spins.

The primary factors contributing to aircraft entering these flight regimes are: adverse environmental conditions; aircraft system failures; and pilot errors or violations (breaches of flight operations manuals, spatial disorientation).

The reasons for the inability to recover from CSOs include the inability to quickly recognize the aircraft's spatial orientation on instruments when experiencing high bank and pitch angles, and incorrect pilot actions upon entering a CSO.

The causes of failure to recover from a stall or spin include: the crew's lack of understanding of how aircraft and engine characteristics change at high angles of

attack; the inability to recognize the onset of a stall; incorrect pilot actions upon entering a stall or spin; and the inability to recover the aircraft from these conditions.

This report analyzes crew errors and examines the primary methods for recovering from CSOs. It provides a rationale for crew procedures when recovering from CSOs, stalls, and spins. It identifies dangerous approaches to operational limits. The report suggests considering the inclusion of theoretical justifications for pilot actions when entering CSOs in training materials, and deepening pilots' skills in recovering from CSOs, stalls, and spins using flight simulators and light aircraft.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ 155-ММ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО СНАРЯДА VULCANO GLR У БОЙОВИХ УМОВАХ

В.В. Редька

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Досвід бойових дій України проти збройних сил російської федерації підтверджує важливість засобів вогневого ураження великої дальності. Противник має кількісну перевагу у вогневих засобах, зокрема авіації, ракетних комплексах, реактивних системах залпового вогню, артилерії та ударних БпЛА, що дозволяє йому завдавати ударів по підрозділах як у районах зосередження, так і під час маневру. Обмежені можливості ракетних військ і артилерії ЗС України щодо протидії таким загрозам вимагають пошуку ефективних рішень.

Одним із можливих способів підвищення ефективності вогневої підтримки є застосування далекобійних високоточних артилерійських боеприпасів, зокрема 155-мм снаряда Vulcano GLR, який надходить в межах міжнародної військово-технічної допомоги. Даний боеприпас сумісний з більшістю 155-мм артилерійських систем, які є на озброєнні підрозділів артилерії ЗС України.

Разом з тим, ефективність застосування високоточного артилерійського снаряда залежить від впливу засобів РЕБ противника в районі цілі, а також метеорологічних та балістичних умов стрільби.

Зважаючи на зазначене, перед застосування 155-мм снаряда Vulcano GLR необхідно здійснювати постійний моніторинг застосування засобів РЕБ противником.

НОВІ ПІДХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Ю.О. Камак

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Побудова систем моніторингу задля забезпечення безвідмовності безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) вітчизняного виробництва повинна враховувати нові підходи передових армій світу.

У цьому контексті для імплементації в Україні представляє інтерес методологія RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety), яка включена до військових стандартів MIL-STD-785, MIL-STD-470, MIL-STD-1629, MIL-STD-189 (США, забезпечення надійності, аналіз впливу відмов і їх критичності, тощо), DEF STAN 00-42 (Великобританія), STANAG 4107 і

АЕСТР (НАТО). Використання RAMS охоплює широкий спектр методів, які орієнтовані на забезпечення безвідмовної роботи БпАК упродовж заданого періоду часу, оцінку готовності до виконання місії у будь-який момент часу, забезпечення швидкості і легкості проведення ремонтних робіт та технічного обслуговування, гарантування безпечної експлуатації без загрози для оператора, навколишнього середовища та третіх осіб. Технологія Health and Usage Monitoring Systems (HUMS) може застосовуватися для безперервного моніторингу стану та експлуатації, прогнозування відмов і автоматичну діагностику БпАК. Її особливості, як технологічного підходу, визначаються інноваційністю, комплексністю, здатністю забезпечити автоматизацію моніторингу, використанням технологій Big Data, машинного навчання і штучного інтелекту, модульності і масштабованості. Наприклад, HUMS увійшла в практику розробки та експлуатації БпАК серії MQ Predator (США).

Упровадження нових підходів RAMS і HUMS потребує системних заходів на всіх рівнях екосистеми виробництва та експлуатації українських БпАК.

ТИПОЛОГІЯ КЕРОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ БОМБ

С.Ю. Рашевський; Н.М. Пантелєва, д.е.н., к.т.н., проф.;

М.Е. Хуторна, д.е.н., проф.; О.О. Гончаренко, к.е.н., доц.

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Керована авіаційна бомба (КАБ) – це авіаційний засіб ураження, оснащений системою управління, що дозволяє коригувати його траєкторію польоту для точного ураження цілі, не входячи у зону дії ППО. Вони активно застосовуються, оскільки знижують ризик побічних втрат і підвищують ефективність авіаційних операцій. Питання типології КАБ є важливим з точки зору поглиблення теоретико-методологічного базису обґрунтування їх практичного застосування. За класичним підходом типологічними ознаками, за якими можуть відрізнятися КАБ, є: системи / способи наведення; тип і калібр бойової частини (авіаційної бомби – АБ); наявність/відсутність двигуна; технічні характеристики та інші.

Обираючи типологічними ознаками дальність і точність КАБ, пропонуємо відрізнити такі їх види: 1) КрАБ – коригована АБ (дальність відповідає балістичному відносу вільнопадаючої АБ, точність ураження підвищена за рахунок систем управління і наведення, які коригують балістичну траєкторію; 2) ПлАБ – коригована планеруюча АБ (дальність перевищує балістичний віднос вільнопадаючої АБ за рахунок несучих (аеродинамічних) поверхень, точність ураження підвищена за рахунок систем управління і наведення, які коригують планеруючу траєкторію); 3) КПАБ – коригована планеруюча АБ підвищеної дальності дії, яка поєднує попередні види (дальність визначається запасом палива для маршового двигуна, наприклад малогабаритного ТРД. Зауважимо, що при застосуванні КрАБ і ПлАБ в режимі кадрування дальність збільшується за рахунок збільшення висоти у верхній точці балістичної траєкторії (подібно вільнопадаючій АБ). Використання ракетних двигунів твердого палива (стартових прискорювачів) у цьому випадку забезпечує ще більшу дальність польоту.

**ВИПРОБУВАЛЬНА ДІЯЛЬНІСТЬ У ПРОЦЕСІ
МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ
НА ВЕРТОЛЬОТАХ ТИПУ МИ-24**

А.В. Коваленко; Н.М. Пантєлєєва, к.т.н., д.е.н., проф.;

М.Е. Хуторна, д.е.н., проф.; В.О. Сидоренко

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

В умовах ведення бойових дій ефективність використання засобів радіозв'язку має ключову роль у координації військових дій та суттєво впливає на хід і результати збройної боротьби. Важливо урахувати, що росія активно модернізує технології у цій сфері та впроваджує цифрові системи зв'язку та криптографічні засоби захисту інформації. Тому нагальною є заміна низьконадійного, морально-застарілого радіообладнання повітряних суден.

ДНДІ ВС ОВТ провів контрольні випробування цифрової радіостанції американського виробництва, яка призначена для радіозв'язку з наземними радіостанціями та між ПС у повітрі. Радіостанція забезпечує телефонний радіозв'язок і цифрову передачу даних в метровому та дециметровому діапазонах хвиль в межах прямої видимості з абонентами із можливістю використання зашифрованих каналів зв'язку та алгоритмів радіоелектронного захисту. У процесі випробувань здійснювалася перевірка можливості застосування радіостанції в складі бортового радіоелектронного обладнання вертольоту типу Ми-24; визначалися особливості експлуатації дообладнаного вертольоту, у тому числі задля уточнення Інструкції екіпажу та експлуатаційної документації вертольоту. За результатами порівняльного аналізу виявлено, що обладнання ПС наданим дослідним зразком дозволить отримати низку нових експлуатаційних можливостей, зокрема: регульований рівень шумопоглинання; додаткові режими роботи (цифровий, передачі даних, шифрування, радіоелектронного захисту); збільшену потужність передавача та кількість радіоканалів; підвищену чутливість передавача.

**НОВІТНЕ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОЗБРОЄННЯ:
СУЧАСНІ ТРЕНДИ І РЕАЛІЇ ВІЙНИ В УКРАЇНІ**

В.Г. Башинський¹, д.т.н., проф.; І.І. Табурець², к.е.н.

*¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки;*

²Черкаський державний технологічний університет

Сучасне високотехнологічне озброєння залишається драйвером трансформаційних змін природи і характеру війн, про що свідчить воєнна історія і сучасність. Сьогодні вже визначилися шість його трендів, що базується на потенціалі таких технологій, як технологія спрямованої енергії, гіперзвукова технологія, технології штучного інтелекту, космічні і квантові технології, кібернетичні технології. Кожна технологія дозволяє створювати декілька різновидів і реалізацій озброєння, демонструючи зміни, певні переваги і обмеження при веденні бойових дій. Рівень повноти і швидкість розробки новітнього озброєння залежить від складності самої технології, можливості створення прототипу зразка та його випробування, що пов'язано з

наявністю достатнього інноваційного потенціалу і потребою значних ресурсних витрат. Під час повномасштабної війни, на думку західних експертів, Україна стала своєрідною випробувальною лабораторією високотехнологічного озброєння. Так, посилено протиракетну оборону засобами ЗРК Patriot і APC M142 HIMARS проти гіперзвукових ракет “Кинжал” (Х-47М2). Виконуються випробування дослідного зразка нової лазерної зброї “Тризуб” для ураження літаків та інших рухливих цілей. Технології штучного інтелекту вже використовуються в геопросторовій розвідці, аналізі даних на полі бою, бойовому розпізнанні обличь, радіоелектронній боротьбі тощо.

Отже, в умовах повномасштабної війни прискорюється розробка і поширюється локалізації виробництва високотехнологічного озброєння за участі країн-партнерів, що відповідає передовим технологічним трендам, розвивається інтеграція інноваційних потенціалів регіонів задля зміцнення національної оборони.

ОСОБЛИВОСТІ ВИПРОБУВАНЬ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВІДПОВІДАЧА НА ВЕРТОЛЬОТАХ ТИПУ МИ-24

*А.Ю. Скосирєв; Д.В. Сиворакиша; Т.Г. Дудник;
М.Е. Хуторна, д.е.н., проф.*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Важливою передумовою безпеки польотів є обладнання повітряного судна сучасними радіолокаційними пристроями, у тому числі радіолокаційним відповідачем. ДНДІ ВС ОВТ провів контрольні випробування такого пристрою вітчизняного виробника, який призначений для роботи з вторинними радіолокаторами системи управління повітряним рухом АТС RBS відповідно до вимог ІКАО в режимах “С”, “А”, “S” і автоматичної передачі наземним системам на їх запит інформації про повітряне судно.

Метою випробувань була оцінка відповідності технічних і експлуатаційних характеристик (ТЕХ) встановленого радіолокаційного відповідача вимогам технічної документації; та якості функціонування в складі бортового обладнання вертольоту типу Ми-24. У процесі контрольних випробувань оцінка дослідного зразка здійснювалася за такими напрямками: його призначення та склад; вимоги до електромагнітної сумісності; вимоги до надійності та безпеки польотів; конструктивні, а також вимоги до ергономіки та технічної естетики. Щодо надійності, безпеки та конструктивних вимог, то увага приділялася таким аспектам: факту експлуатації вертольоту типу Ми-24 відповідно до Інструкції екіпажу та доповнень до неї в частині встановленого обладнання; значенням вагових та центрувальних даних; факту достатності потужності штатної системи електроживлення вертольота для живлення встановленого обладнання; міцності конструкції знов встановленого обладнання та вузлів його кріплення. Згідно з результатами випробувань встановлено, що ТЕХ дослідного зразка відповідають вимогам технічної документації, та забезпечується його функціонування при проведенні наземних випробувань.

ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТІВ ПОЛЬОТУ АВІАЦІЇ В ХОДІ ПЛАНУВАННЯ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ ПРОТИВНИКА В УМОВАХ ОСОБЛИВОГО ПЕРІОДУ

*А.В. Ткаченко; О.П. Ковба; О.Р. Мартинюк, к.т.н., доц.
Національний університет оборони України*

В умовах широкомасштабної агресії росії проти України перед авіацією постали високі вимоги щодо обґрунтованого та своєчасного прийняття рішення на її застосування. Швидкоплинність змін обстановки, обмеження часу на підготовку льотного складу, який залучається до нанесення авіаційних ударів, вимагає забезпечення якісної підготовки екіпажів до польоту.

Визначення маршруту та профілю польоту є однією з умов успішного виконання бойових завдань авіацією Повітряних Сил. В ході підготовки до бойового вильоту необхідно враховувати порядок дій на кожному етапі польоту, заходи протидії засобам ППО ЗРВ, винищувальній авіації та РЕБ противника особливо в районі виконання завдання.

Врахування всіх чинників передбачає значну витрату часу що приводить до зниження обґрунтованості визначеного варіанту маршруту та профілю польоту. Маршрут на авіаційний удар знаходиться у тісному взаємозв'язку з завданнями щодо забезпечення діями різних груп тактичного призначення. Для кожного з планів авіаційного удару можуть бути визначені маршрути польоту, які можуть виявитись неприйнятним з питань безпеки.

Тому виникає необхідність створенні моделі польоту підрозділів авіації з урахуванням тактичної побудови бойового порядку, оперативно-тактичної обстановки методом визначення варіантів маршрутів польоту з використанням комбінаторної оптимізації клітинних автоматів, та синтезу варіанту маршруту за методом зваженої суми оцінки критеріїв.

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ ВИНИЩУВАЛЬНОЇ ТА БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

*Я.В. Ярошенко, Ph.D.; О.М. Печенко; О.С. Блискун, Ph.D.;
О.Р. Мартинюк, к.т.н., доц.
Національний університет оборони України*

Ефективність сучасних бойових дій в значній мірі залежить від ефективності взаємодії. Так, у 2024 році для виконання завдань щодо перехоплення ударних БпЛА типу “Shahed-136” почали застосовувати FPV-дрони-перехоплювачі. Це рішення дозволило зняти з винищувальної авіації Повітряних Сил Збройних Сил України, складне з технічної точки зору, завдання щодо їх перехоплення та зосередити їхні зусилля на перехопленні крилатих ракет противника.

Проте, під час комбінованих ракетних ударів противник не відмовляється від застосування ударних дронів, дронів-приманок для відволікання сил та засобів ППО та введення їх в оману. Тому, виникає питання щодо організації

ефективної взаємодії між винищувальною авіацією та FPV-дронами-перехоплювачами. Для організації якісної взаємодії в одній зоні з розподілом зусиль по цілях необхідно створювати сумісні пункти управління пілотованої та безпілотної авіації, де визначені командири через офіцерів з бойового управління будуть здійснювати керівництво бойовою роботою.

Складність вищезазначеного питання полягає в тому, крилаті ракети і ударні дрони можуть виконувати політ на одному ешелоні, з одного й того ж напрямку, що може призвести до конфліктної ситуації в повітрі. Тому, організація виконання бойового завдання в таких умовах потребує створення надійного радіолокаційного поля з високою роздільною здатністю, надійного двостороннього радіозв'язку, а також залучення висококваліфікованого складу групи керівництва польотами.

СЕКЦІЯ 4

СТВОРЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВІДСІЧІ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: генерал-майор Скоренький П.Е.;
д.т.н. проф. полковник Ковтонюк І.Б.
Секретар секції: підполковник Круць О.А.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF PRODUCTION DEFECTS ON THE CHARACTERISTICS OF THE NOZZLE-FLAP VALVE

*P. Skorenkiy¹; A. Litvyak², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Komar², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

During ground tests of turboshaft gas turbine engines of the TV3-117 type, unsatisfactory operation of the automatic regulation system of the free turbine speed is often noted, which manifests itself as steady-state oscillations of engine parameters. Studies have shown that the cause of this defect is the nonlinear static characteristic of the free turbine speed regulator of the NR-3 type units used on engines of this type.

The report presents the results of computational studies of the flow of working fluid in the nozzle-flap type control valve of the free turbine speed regulator, which is used in the NR-3 pump-regulator. As part of the research, an analysis was made of the influence of various factors on the fluid flow in the nozzles, in particular, design factors, such as the flap installation angle, the radius of rounding of the nozzle outlet edge and the width of the nozzle section.

The studies have shown that the design factors of real nozzle-flap control valves have a significant effect on the integral characteristics. The damper skew, the rounding of the outlet edge and the increase in the nozzle cross-section width reduce the throttling properties of the annular gap, which leads to an increase in the flow coefficient. The greatest influence of the listed factors is exerted by the nozzle cross-section width. Therefore, the lack of instrumental control over the cross-section width and the non-rigid requirements for this parameter lead to an uncontrolled change in the flow coefficient of the control valve, which ultimately negatively affects the dynamics of the regulator and can lead to the development of self-oscillations or unstable operation.

WAYS TO IMPROVE THE QUALIMETRIC MODEL OF HELICOPTER PROPERTIES THAT DETERMINE THE DEGREE OF SUITABILITY FOR THE TASK

*O. Leontiev, Doctor of Technical Sciences, Professor;
O. Ursol; A. Konstantinov; S. Kyrlyenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The loss of aircrafts and the rapid exhaustion of the existing aviation fleet of the Armed Forces of Ukraine in the course of repelling the armed aggression of the Russian Federation against our country will inevitably lead to the issue of re-equipping the aviation with modern foreign-made cargo helicopters.

One of the key issues is the issue of quantifying the quality of any type of cargo helicopter in order to select a specific type of helicopter from possible alternatives for the purchase of new aircraft. To address this issue, it is necessary to create appropriate models and methods for comparative evaluation of alternative helicopter types, based on a limited number of factors determining the helicopter's performance, to obtain the value of a generalised product quality indicator in solving the targeted tasks for the intended purpose, and, according to the selected criteria, to determine the best helicopter type to replace the existing one in the modern helicopter fleet.

The existing qualimetric model of helicopter properties that determine the degree of its suitability for airborne transport tasks is described by a formalised linear dependence of the generalized helicopter quality indicator on a number of its defining technical characteristics – the model factors. The existing model does not allow predicting the value of the coefficient of combat potential of a helicopter beyond the values of the model factors within the interval in which the model was built. Detailed analysis of the essence of the factors included in the existing qualimetric model indicates the doubtful independence of the constituent elements of the factors space.

The existing qualimetric model is considered to be imperfect and requires a revision of the factors space to build the dependence of the generalised quality indicator (combat effectiveness) of a cargo helicopter on its tactical and technical characteristics and to build the model in a non-linear form, adding, as a minimum, quadratic forms.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF COMBAT DAMAGE ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF AN AIRCRAFT

*I. Kovtonyk, Doctor of Technical Sciences, Professor;
S. Drozdov, Candidate of Military Sciences; Y. Kolesnik; O Sivik
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The participation of aviation in combat operations is one of the decisive and most significant factors in protecting the airspace of the state. Based on statistical data, it can be stated that combat damage to the airframe of an aircraft is decisive in terms of their impact on the aerodynamic characteristics and aerodynamic survivability of an aircraft. The main types of combat damage include: complete and partial destruction of an aircraft airframe elements, volumetric and surface deformation of an aircraft surface (geometry violation and asymmetry of the wing), airframe cracks, convexity (curvature), dents (deflections), waviness, roughness, burns, melting and holes in the skin. The greatest danger is caused by damage to the end parts of the wing, tail, and control surfaces.

Critical analysis of the combat survivability of an aircraft that participated in combat operations allows us to state the need to determine the maximum level of damage to the an aircraft airframe at which its aerodynamic and flight technical characteristics can ensure the performance of the combat mission. There is also a need to determine the possibility of the an aircraft flying from the operational airfield to the place of repair, the possibility or impossibility of the an aircraft continuing to perform combat missions in full, the possibility of performing combat missions with restrictions. Further research will be aimed at determining the impact of various types of combat damage an aircraft on its aerodynamic and flight technical characteristics.

PROSPECTS OF USING ELECTRIC ENGINES IN AVIATION POWER PLANTS

*Ye. Ukrainets, Doctor of Technical Sciences, Professor;
Ye. Spirkin, Candidate of Technical Sciences; O. Drol
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern gas turbine engines fully meet the energy needs of aircrafts, but their use has serious consequences due to environmental and visibility requirements. In the face of increasing environmental requirements and the need to reduce emissions, as well as the need to reduce the infrared visibility of military aircraft, electric engines are becoming a more attractive alternative.

An analysis of the technical capabilities of creating aircraft electric engines showed that modern electric engines have a specific power of up to 5 kW/kg, while gas turbine engines can reach 8 kW/kg.

The technology of using superconducting materials can significantly increase the specific power of electric motors. A hybrid system consisting of a gas turbine engine, an electric generator and an electric motor can achieve a specific power of more than 10 kW/kg, which exceeds the performance of gas turbine engines.

In 2024, H3X Technologies created a ready-made electric motor HPDM-1500 that creates a specific power of 12 kW/kg.

An assessment of the development trend of electric motor technologies shows that electric motors have great potential for use in aviation power plants. They can provide not only economic benefits, reduced noise and pollutant emissions, but also reduced infrared visibility in military applications. However, to realize this potential, a number of technical and economic challenges must be overcome, including the development of new technologies such as superconductors, rechargeable batteries and liquid hydrogen. Investment in research and development in this area can lead to significant changes in the future of aviation, making it more environmentally friendly and efficient.

ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF AVIATION ARMAMENT OF THE STATE'S ARMED FORCES

*B. Demidov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
D. Grib, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
O. Khmelevska, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The report states that the management of aviation armament development should be carried out within the framework of the overall development of the state's armed forces weapon systems. The strategic goal of aviation armament development should be to ensure compliance with the tasks and structure of the aviation weapon system within the state's capabilities regarding national defense expenditures.

The justification for the concept of tactical aviation development and its weapon system within long-term and medium-term planning periods, the definition of operational-strategic and operational-tactical requirements for its structural components, as well as the formation of a prospective outline and determination of system parameters, should be considered key tasks in preparing the draft program for aviation armament development.

The issue of acquiring defense products for aviation armament development is currently one of the priority areas of activity in the military-technical field. The object of planning and managing the technical equipment of tactical aviation should be the process of forming, placing, and fulfilling orders, procurement, and supply of combat and support assets to equip the tactical aviation of the armed forces with the latest models of multifunctional aviation technology.

The report argues that the formation of a prospective tactical aviation fleet must consider its current state, development dynamics, and forecasting the implementation of advanced technologies and innovations to create the necessary aviation armament to counter modern threats.

EVALUATION OF THE AFTERBURNER COMBUSTION CHAMBER EFFICIENCY

*V. Rublev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
N. Otreshko; R. Rubleva; O. Tereshchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

An afterburner combustion chamber is a key element of aircraft turbojet engines, which allows to significantly increase thrust by additional fuel injection into the flow of gases that have already passed through the turbine. It is mainly used in: – military aviation (aircraft such as Su-24, Su-27, F-16, MiG-29) for rapid speed and maneuverability; supersonic civilian aircraft (Concorde, Tu-144 and advanced supersonic aircraft projects); research and experimental projects (hypersonic aircraft). Afterburning allows for a short-term increase in thrust of up to 50-70%, but is accompanied by a significant increase in fuel consumption and an increase in engine temperature.

Several key indicators are used to evaluate the performance of an afterburner combustion chamber: traction characteristics, specific fuel consumption, temperature conditions, aerodynamic drag, and environmental indicators.

The following approaches are used for a comprehensive analysis of the afterburner operation: experimental methods, bench tests, flight tests, analysis of the chamber behavior in real operating conditions; use of computer fluid dynamics methods; heat and power analysis; acoustic analysis.

Efficient operation of the afterburner combustion chamber faces a number of problems: thermal loads; optimization of fuel spraying; vibration loads.

JUSTIFICATION OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE SYSTEM OF DIAGNOSTICS AND RESTORATION OF AIRCRAFT UNDER CONDITIONS OF REPELLING THE ARMED AGGRESSION OF THE russian federation

*V. Yashchenok¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Bratus²; O. Melnyk¹; V. Kapysia¹
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Air Force Aviation Command of the Air Force Command
of the Armed Forces of Ukraine*

The primary task of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the defense of the State is to repel the armed aggression of the russian federation. The Armed Forces of Ukraine are equipped with aircraft (AC) that meet a range of specific

requirements. Ensuring continuous aviation combat operations in any military operation requires the timely restoration of damaged aircraft and maintaining their operational readiness at a specified level. With the onset of hostilities, the volume and nature of aircraft repairs have significantly changed, necessitating a well-developed military repair network, which includes both military units and aviation repair enterprises. Therefore, under combat conditions, to maintain the required level of operational readiness and organize the rapid restoration of aircraft, it is necessary to establish ad hoc repair groups. Their primary purpose is not only to restore aircraft but also to predict their technical condition within the aviation brigades of the state aviation of Ukraine.

Methods for integrating the aircraft restoration system for combat-damaged aircraft with the system for predicting their technical condition have been formulated. The main requirements for this system include rational echeloning of the repair network, coordination between military and factory aircraft repair systems, mobility, comprehensiveness, productivity, and regional autonomy. The dependence of effective management of the repair network on ensuring the combat operations of aviation brigades, as well as the quality of organization and execution of repairs, has been determined. This allows for an accurate assessment of the capabilities of the repair network in maintaining the high combat readiness of state aviation aircraft in the context of repelling the armed aggression of the Russian Federation.

MODERNIZATION OF THE HELICOPTER TRANSMISSION AND ROD CONTROL SYSTEM

*S. Komar, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Tereshchenko; N. Otreshko; M. Tonkonog
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The helicopter's tail rotor is designed to compensate for the reactive moment and control the course. The tail rotor rotation drive is carried out using cardan shafts from the main rotor gearbox to the tail rotor gearbox through an intermediate gearbox. The tail rotor thrust is controlled by the pedals in the cockpit by changing the propeller pitch. From the point of view of reliability, the failure of the tail rotor and its transmission lead to uncontrolled flight and a possible disaster.

It is proposed to rotate the tail rotor using an electric motor. For the drive, it is proposed to use an asynchronous AC motor with the ability to control the rotation speed.

The tail rotor rotation speed is synchronized with the rotation speed of the main rotor to compensate for the torque. Power is provided from the main power supply system of the helicopter with power backup from an emergency AC generator. The electric motor rotation speed control system uses a transistor device with a pulse-width modulation (PWM) generator. The PWM signals come from the rotor speed measurement system, from the pilot's control pedals, and from the autopilot's heading channel via electrical connections.

Replacing the mechanical transmission of the tail rotor with an electric drive will allow:

- to increase the part of the power supplied to the tail rotor;
- to exclude the shaft, intermediate gearbox and tail rotor gearbox from the rotation transmission scheme, thus increasing the reliability of the aircraft;
- to exclude the cable and traction transmission from the control system;
- to increase the maneuverability and control quality of the helicopter;
- to reduce operating costs.

REALIZATION OF CONVECTIVE FILM COOLING OF COMPRESSOR TURBINE NOZZLE BLADES

*S. Komar, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; K. Indutnyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

An important task in solving the problems of further development and improvement of aviation equipment is its modernisation of existing models in order to increase their combat effectiveness.

To increase the engine power, it is proposed to increase the combustion temperature upstream of the compressor turbine, namely, to switch from a convective cooling system to a combined one.

When the gas temperature upstream of the turbine is increased to 1300 K, the air consumption required to cool the nozzle blades with combined cooling reaches 8% of the air consumption at the compressor inlet.

The design feature is that it is proposed to make cylindrical cavities in the body of the nozzle blade on the surface from the back, trough and edges along the entire length of the blade. The cavities should be closed with a hole plate on top.

This will reduce the intensity of turbulent transport in the film boundary layer and laminarisation of the flow, and therefore the protective effect of the cooling air film will increase and remain at large distances from the blower.

In combination with convective and film cooling of the blade, this will make it possible to increase the gas parameters upstream of the turbine to the specified value, increase the service life and reduce the cooler consumption, and thus significantly increase the turbine efficiency.

The proposed engineering solutions will increase engine power by 9% and reduce specific fuel consumption by 3%, which will have a positive impact on combat effectiveness and high-speed performance and expand the range of tasks performed by the helicopter.

INFLUENCE OF OPERATIONAL FACTORS AND COMBAT DAMAGE ON THE VIBRATION LEVEL AND RESOURCE CONSUMPTION RATE OF MI-8 HELICOPTER

*V. Onishchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Derevianko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Mi-8 helicopter is one of the most common multi-purpose helicopters widely used in the military. The Mi-8 helicopter is operated in various conditions, which significantly affects its load and technical condition, service life and flight safety.

The main operational factors affecting a helicopter are variable overloads and environmental influences, material fatigue, corrosion, and mechanical wear of components. An additional aspect is operational and combat damage, which can significantly change the load of the structure and cause increased vibration levels and even the appearance of dangerous self-oscillations.

Increased vibration in the helicopter structure adversely affects the working conditions of the crew and equipment, reduces flight safety, and accelerates the rate of consumption of the airframe, individual components and assemblies. Thus,

vibration loads can cause premature material fatigue, which increases the risk of failure of critical components.

The study of the impact of operational factors and combat damage on vibration levels and the rate of resource consumption is a task to ensure the long and safe service of Mi-8 helicopters in intensive operation.

It is necessary to use modern diagnostic methods to detect damage, ensure timely maintenance and restoration of the equipment. This will extend the service life of helicopters, which is especially important in military operations.

EVALUATION OF THE WING LOADING OF THE MiG-29 TYPE WHEN USING DIFFERENT WEAPONS OPTIONS

V. Onyshchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

B. Kuruchenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

The relevance of the work is due to the fact that in connection with Russian aggression, the Air Force faced the task of increasing the combat effectiveness of aviation complexes based on the adaptation of modern weapons installed on aircraft.

It became possible to arm the MiG-29 aircraft with such types of weapons as AIM-120 AMRAAM, AIM-9 Sidewinder, AMG-88 HARM, JDAM and GBU-39 SDB.

There is a problem of researching the effect of this weapon on the load of the power structure, its stiffness and stability. Different weapon options have certain mass and inertial characteristics. To estimate the structural load, it is suggested to use calculated mathematical models of the airframe load. For all new weapon options, it is necessary to establish the maximum permissible overload of the aircraft and determine the internal force factors in the wing sections. In the event of combat damage to the structure, it is necessary to develop new options for restoring and strengthening pow.

Based on the mathematical model, an application package is created in the Mathcad environment, which allows you to estimate the load, strength and stiffness of the structure. It is proposed to estimate the internal force factors in different sections of the wing for different operating conditions.

Thus, such a mathematical model allows you to quickly conduct parametric studies on the influence of operational factors on the load and performance of the structure.

RESEARCH ON THE IMPACT OF OPERATIONAL FACTORS ON THE LOAD OF THE MAIN GEARBOX MOUNTING FRAME OF THE Mi-24 TYPE HELICOPTER

V. Onishchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

K. Andriichenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Mi-24 helicopter is one of the key combat helicopters, actively used in military operations. Its operation occurs in various conditions, which significantly affect the load on the structure, technical condition, resource, and flight safety.

The main factors influencing the helicopter's performance include overloads, vibration loads, changes in environmental temperature, material fatigue, corrosion,

and mechanical wear of critical components. Additionally, combat damage can lead to changes in the loads on the structure, increasing vibration levels, altering dynamic characteristics, and even causing dangerous oscillations.

Increased vibration negatively impacts crew conditions, equipment functionality, and significantly accelerates the wear of the fuselage, individual components, and systems. This, in turn, reduces overall flight safety.

Studying the impact of operational factors on the load of the main gearbox mounting is a crucial element in ensuring the reliable operation of the Mi-24 helicopter. Analyzing such loads allows for the development of recommendations for improving the design and selecting optimal materials to ensure durability and safety. It also aids in the development of more efficient maintenance methods to prevent potential failures and extend the service life of the equipment.

MODERNIZATION OF THE EXHAUST DEVICE OF THE AI-450B ENGINE

*V. Rublev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
N. Otreshko; R. Abbasov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The AI-450V engine has an increased risk of surge during hovering and yaw maneuvers. This problem is caused by the close location of the outlet diffuser to the engine compressor, which causes gas recirculation.

The purpose of the work is to ensure – stable operation of the compressor due to: profiling the aerodynamic shape, which reduces resistance and improves gas flow characteristics; reducing the level of acoustic interference, which significantly reduces noise during flight; the effect of thermal transfer, which reduces infrared radiation of the helicopter.

Exhaust pipes are used for helicopters, which ensure effective exhaust gas removal and reduce acoustic impact.

Analysis of proposed solutions.

To avoid gas recirculation at the compressor inlet, the following solutions were considered and proposed:

1. Installing an extension pipe with an ejector at the end. The proposed scheme eliminates the ingress of gases into the compressor inlet.
2. Use of splined joints to unify and strengthen the structure.
3. Use of ejectors of various types to ensure a stable gas output.

Conclusions and recommendations.

1. Use of an extension pipe with an ejector reduces the risk of surge.
2. Provides increased efficiency, reduced infrared radiation and reduces noise pollution.

STUDY OF WAYS TO IMPROVE THE FUEL EFFICIENCY OF THE MI-24 HELICOPTER

*V. Rublev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Rozputanyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The Mi-24 helicopter is one of the most massive used multi-purpose attack helicopters, which has found a wide range of applications in military aviation. However, its use also has a negative impact on the environment, characterized by the

emission of harmful substances into the atmosphere during the combustion of aviation fuel, kerosene. During takeoff and climb, when GTEs operate at higher power, the amount of sooty impurities increases. In steady-state flight, when the engines operate at rated power, carbon monoxide and hydrocarbon emissions decrease, but nitrogen oxides increase. During the landing approach, CO and hydrocarbon emissions increase, while nitrogen oxide emissions decrease.

There are several ways to reduce the negative impact on the atmosphere during helicopter flights. One of the key ways is to improve engine efficiency, which leads to a reduction in exhaust emissions.

The new gas turbine engines of the 21st century are equipped with advanced combustion chambers, improved fuel injection systems, more efficient compression in compressors, and modern ignition technologies that ensure more complete combustion of fuel.

Thus, the remotorization of existing Mi-24 helicopters and improvement of their flight performance directly affect the reduction of environmental pollution and contribute to the helicopters' fuel efficiency.

ON THE SYSTEM OF ACCOUNTING FOR THE PERFORMANCE OF STEEL ROPES

L. Oleksiyeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Y. Ilenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Y. Vakulko; M. Dudnyk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

To date, there are a large number of works on determining the service life of mechanisms and mechanical systems of lifting and handling equipment. When considering the choice of a particular element of the mechanism, it is necessary to scrupulously study the causes of low durability and identify ways to increase the service life.

As a management process, forecasting the performance of a particular component of the general list of equipment is one of the varieties of information management. It includes forms of obtaining information, analyzing it, processing it, and then transmitting the results.

In this case, we propose a variant of building an information and reference system for selecting the most rational design of a steel rope for the mechanisms of lifting and handling equipment. Building a software scheme means describing the structure of a software system using the maximum amount of data on steel ropes used in practice. This applies to both the design features of the rope and the manufacturing technology, the quality of the wire material, the parameters of wire stranding, stranding into a rope, compliance with the necessary rules when hanging it, and, of course, the operating conditions of the rope.

The efficiency of using helicopters and airplanes for cargo transportation depends not only on the excellence of the aircraft, but also on the excellence and performance of steel ropes used for loading and unloading operations in the cargo cabin or for external suspension. Thus, the issue under consideration is of practical importance.

Thus, the creation of an information retrieval system makes it possible to select a steel rope for certain operating conditions that will have maximum strength, reliability, and performance for a specific application.

DEPENDENCE OF RELIABILITY OF STEEL ROPES ON RIGIDITY COEFFICIENTS

*L. Oleksiyeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Y. Ilenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The efficiency and safety of operation of lifting equipment are largely determined by such elements as steel cables (ropes). This is one of the most important elements of the design, the choice of which should be made with great responsibility. The task of increasing the efficiency, reliability and stability of steel ropes is very difficult and depends on a number of factors of a constructive, technological and operational nature. It was established that during the transportation of large-sized cargo with the help of the external suspension of the helicopter, a significant untwisting occurs during stretching, as a result of which there is a change in the winding angles of the helical elements of the rope, which causes a geometrically non-linear nature of the deformations: elastic elongation and torsion under the action of the load. At the same time, the rope acquires the shape of a spatial spiral line, which is one of the reasons for the outer layer of wires to protrude, as well as the corkscrew.

A study of the influence of some factors on the operation of steel ropes was carried out in order to ensure the reliability and efficiency of their use for the external suspension of the helicopter. Generalized equations of statics were used to describe the deformations of the rope, but the elastic properties of the rope and its constituent parts were taken into account.

A mock-up of the mechanical model of the rope was obtained, which works for tension and torsion, provided that the generalized stiffness coefficients of the rope are taken into account. The use of the obtained model makes it possible to solve the problem of distribution of the weight of the final load between the strands of a straight rope depending on the conditions for fixing its end. Using the proposed approach will help to solve the problems of increasing the reliability and durability of steel ropes.

TECHNOLOGIES OF TRIBOTECHNICAL REPAIR FOR EXTENDING THE RESOURCE OF GROUND SUPPORT EQUIPMENT FOR FLIGHT OPERATIONS

*R. Dzhus, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; S. Reznikov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Recently, technologies have become widespread that allow for the processing of components and aggregates without disassembly and removal during operation, by adding specific additives to the lubricating material. These technologies are known as tribotechnical repair technologies (TRT). The significant advantages of applying TRT in the operation and repair of most machinery have been driven by the rapid development of these technologies at the beginning of the 21st century. Therefore, it is entirely logical to consider the possibility of using such effective tools for extending the resource and repairing the components and assemblies of automobile base chassis (ABC) of ground support equipment (GSE) for flight operations.

Furthermore, in terms of friction intensity, the operating conditions of these systems are among the most unfavorable, characterized by primarily rigid, unstable

conditions of frequent "start-stop" cycles, significant cyclic loads with alternating signs, and low speeds of movement in the friction pairs of engines and transmissions, leading to intensive wear. These operating conditions of GSEs result in their power units having only 26-47% of the planned resource, with the wear of components increasing 2 to 5 times compared to regular vehicle operation conditions.

The report presents the results of research indicating that extending the resource of the ABC of GSEs is a crucial and relevant task. The analysis shows that one possible solution may be the application of TRT, and the causes of resource loss can be eliminated or significantly delayed through the use of modern tribological repair technologies.

CREATION AND COMBAT USE OF RECONNAISSANCE AND STRIKE SYSTEMS IN UKRAINE

*S. Pleshkunov, Doctor of Philosophical Sciences; A. Semenov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

These systems are characterized by their ability to integrate cutting-edge technologies, including unmanned aerial vehicles (UAVs), advanced sensor networks, and precision-guided weaponry. By combining real-time intelligence gathering with high-accuracy strike capabilities, Ukraine has successfully enhanced its battlefield efficiency and defense mechanisms in response to evolving threats.

The creation of such systems not only underscores Ukraine's growing technological and military potential but also demonstrates the importance of innovative approaches to asymmetric warfare. Reconnaissance-strike complexes allow for more effective decision-making processes, enabling commanders to act with speed and precision in rapidly changing combat scenarios. These capabilities reduce collateral damage, improve resource allocation, and ensure that critical targets are neutralized efficiently.

Furthermore, the development of these systems reflects the broader global trend toward the digitization and automation of warfare. By leveraging artificial intelligence, satellite communications, and high-speed data transfer, Ukraine has positioned itself as a leader in adopting next-generation military solutions. The combat deployment of such systems has not only strengthened the country's defense posture but also contributed to reshaping the strategies used in regional and global conflicts. As these technologies continue to evolve, their role in future warfare will undoubtedly expand, making them a critical asset in maintaining sovereignty and security.

PROSPECTS FOR CREATING AN AUTOMATED SYSTEM FOR SUPPORTING THE OPERATION OF AVIATION EQUIPMENT OF THE STATE AVIATION OF UKRAINE

*R. Chyhryn, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
P. Timoshenko; Y. Ovcharenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Rearmament of the tactical aviation fleet with new models of foreign-made combat aircraft significantly expands the capabilities of the aviation of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine. On the other hand, the presence of a large number

of different types of combat aviation equipment significantly increases the workload of the engineering aviation service and requires the development and implementation of unified approaches to accounting, analysis, forecasting and organization of work in the system of operation of aviation equipment.

Currently, the Air Force has adapted for use and uses the ILIAS system of support for the operation of foreign-made aircraft, which significantly simplifies the processes of operating these models. In turn, its adaptation for implementation in the system of operation of the existing aviation fleet of domestically produced aircraft is not envisaged.

The report analyzes approaches to the creation of a promising automated system for supporting the operation of aircraft of the state aviation of Ukraine, taking into account the experience of operating the ILIAS system. The list of tasks that the specified system should solve is considered and the requirements for its components are substantiated. The proposed system is designed to ensure operational monitoring of the operation, technical condition, reliability and restoration of aviation equipment, repair planning, availability and replenishment of spare parts, units and consumables, as well as the generation of reports for making informed management decisions on engineering and aviation support, which in general will contribute to the optimization of aviation activity processes.

RESEARCH OF OPERATIONAL FACTORS AFFECTING THE TRANSMISSION OF A COMBAT HELICOPTER

O. Kruts; V. Andreev

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

The transmission is one of the key elements of a combat helicopter, directly affecting the reliability, efficiency, and longevity of aviation equipment. During combat missions, the transmission is exposed to various operational factors such as loads, temperature conditions, vibrations, and component wear. Understanding the impact of these factors is critical for ensuring the reliable operation of the helicopter and reducing maintenance costs.

The study identifies and analyzes the main operational factors affecting the transmission of a combat helicopter and develops recommendations to enhance its operational reliability.

The primary operational factors influencing the transmission of a combat helicopter are:

- overloads that occur during maneuvering or combat operations, significantly affecting the wear of transmission components;
- elevated temperatures during intensive operations, which can lead to the degradation of lubricants and thermal expansion of components;
- resonance phenomena and the impact of rotational torques, which create additional mechanical stresses on the transmission;
- gradual wear of parts (gear teeth, bearings) caused by friction, corrosion, and other factors.

An analysis of maintenance and repair data from helicopters under real operational conditions revealed critical transmission operating regimes that contribute most to its wear. Based on the findings, recommendations were developed to improve the structural features of the transmission to reduce the impact of operational factors. Optimization of the maintenance system was proposed,

including the use of modern lubricants and diagnostic systems for monitoring the transmission's condition.

The study of operational factors affecting the transmission of a combat helicopter allows for increased efficiency, extended service life of components, and reduced risks of failures during combat missions. Further research is aimed at integrating advanced technologies into the production and maintenance of transmissions to ensure maximum efficiency and reliability.

RESEARCH ON WAYS TO IMPROVE THE TRANSMISSION PERFORMANCE OF A LIGHT HELICOPTER

O. Kruts; M. Vershyhora

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

The transmission of a light helicopter is a crucial component of the powertrain, ensuring the transfer of power from the engine to the main and tail rotors. Its efficient operation is essential for flight safety, maneuverability, and operational cost-effectiveness. Given the increasing demands for reliability and durability in aviation technology, there is a need to explore ways to enhance the performance of light helicopter transmissions.

The study involves research and the development of recommendations for improving the reliability, service life, and efficiency of a light helicopter transmission by analyzing operational issues, identifying weak points, and implementing modern technologies. An analysis was conducted on the materials used for manufacturing gears, bearings, and shafts, as well as methods for reducing energy losses during power transmission, including optimizing gear geometry and utilizing more efficient lubrication systems.

The effectiveness of advanced lubricants was studied, focusing on their thermal stability and wear protection under high loads. Recommendations were developed for balancing transmission components and improving damping systems to reduce vibration loads. The use of high-strength composite materials and wear-resistant coatings was proposed, along with the implementation of automated transmission condition monitoring systems. These systems enable early defect detection through vibration and acoustic signal analysis.

As a result of the conducted analysis and research, a set of measures has been proposed to extend the service life of the transmission, reduce maintenance costs, and improve the operational performance of light helicopters. Special attention has been given to the implementation of advanced materials and innovative diagnostic methods, which enhance flight safety.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE PROPELLER THRUST OF A UAV ENGINE IN FLIGHT

Ye. Krepko; S. Shevchenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

The flight experiment provides the final estimates of the UAV's aerodynamic and flight characteristics and is highly reliable. However, determining the thrust of the UAV engine propeller in flight is associated with several theoretical and technical difficulties, so developing a reliable express method for estimating the

thrust of the UAV engine propeller at forward speed is an urgent scientific and practical task.

The paper shows the possibility of using the pulse method to measure the thrust of a UAV engine propeller. Some assumptions and the peculiarity of the chosen method require preliminary analysis and careful development of the test methodology. The specificity of UAV flight testing is that this work involves an increased risk to the material part. Also, the most significant methodological issues that can take place will be addressed in preparation for UAV testing including issues related to test safety.

An experimental setup was developed on a car basis with the research object – a UAV with a running engine – on an external mount. The experimental equipment and the research team are placed in the car interior. Determining the pattern of changes in propeller thrust with engine speed and movement speed will allow determining the aerodynamic and flight characteristics of the UAV itself, and verifying the design methods and propellers verification calculation.

THE MI-8 HELICOPTER PROTECTION SYSTEM WHEN ENCOUNTERING OBSTACLES SUCH AS POWER LINES BY USING SPECIAL DEVICES

M. Altukhov; V. Lavrenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

The Air Force of the Armed Forces of Ukraine is actively involved in the protection of the territorial integrity and sovereignty of the country in the conditions of a military conflict with Russian aggression. They play an important role in providing defense capabilities of the country and the performance of tasks to remove enemy threats and aggression. The modernization of the Air Force of the Armed Forces plays a key role in strengthening the country's defense and ensuring that its military capabilities meet the requirements of the modern military situation.

Therefore, the main task of the work is to improve the characteristics of Mi-8, which are often used in various fields. Collision with obstacles such as power lines can cause serious damage to helicopters threats to the lives of the crew and passengers. Therefore, solving this problem is of great importance for the safety of aviation operations.

In this work, we research and develop an optimized protection system for the Mi-8 helicopter, which will ensure its safety when encountering power line obstacles. The system will include the development of new technologies and methods for detecting and avoiding obstacles, as well as improving existing protection systems.

The main areas of research will include:

- research into current protection systems, their limitations and opportunities for improvement;
- study and development of new technologies and methods for detecting and classifying obstacles;
- development of new algorithms and methods for effective avoidance of collision with obstacles;
- carrying out various tests to verify the effectiveness of the new protection system.

The basis of this research is the development of an effective protection system that will be able to significantly reduce the risk of the Mi-8 helicopter colliding with power line obstacles, thereby increasing flight safety and mission efficiency.

RESEARCH ON WAYS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF THE AI-450V ENGINE

K. Wang; V. Melnyk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

In the modern aviation industry, the AI-450V engine, as one of the leading developments in the field, demonstrates high efficiency, reliability, and cost-effectiveness. However, to ensure its competitiveness in the global market, continuous analysis and improvement of its technical characteristics are necessary.

The study conducts research, exploration, and justification of ways to improve the performance of the AI-450V engine by enhancing its fuel efficiency, reducing emission levels, optimizing component operation, and improving the automatic control system. Within the scope of the work, the feasibility of using new materials to reduce component weight and increase their resistance to high temperatures has been analyzed and investigated.

An analysis of thermal and gas-dynamic processes affecting the engine's efficiency has been carried out. Measures have been proposed to reduce engine noise and emissions, as well as to implement modern control algorithms based on adaptive and neural technologies. Recommendations have been provided for optimizing the technological processes of engine manufacturing and maintenance.

The proposed improvements, including the use of advanced materials, the implementation of innovative control algorithms, and the optimization of technological processes, not only enhance the engine's technical characteristics but also ensure its compliance with modern market demands.

The conducted analysis and research have identified the main directions for improving the performance of the AI-450V engine, which include enhancing its fuel efficiency, optimizing thermal and gas-dynamic processes, reducing noise levels and harmful emissions, as well as improving the automatic control system.

IMPROVEMENT OF A TURBOJET ENGINE TURBINE TO ENHANCE THRUST PERFORMANCE

R. Shulha; D. Snizhko

I. Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Enhancing the thrust characteristics of a turbopfan afterburning engine is a crucial area of modern research in aviation engine construction. One of the key methods of improvement is replacing the turbine blade material with a more heat-resistant one, which allows for an increase in the working cycle temperature and, consequently, enhances engine efficiency.

The use of heat-resistant alloys, such as niobium or nickel-based superalloys, as well as ceramic composites, significantly increases the thermal resistance of the blades. This helps reduce their wear, extend engine lifespan, and enable operation at higher gas flow temperatures.

Replacing the turbine blade material of the AL-31F aviation engine, used in Su-27 fighters and its modifications, is one of the promising methods for improving its

efficiency. This method can enhance thermal efficiency and extend engine lifespan, but the choice of material must be well-founded and carefully considered, as not every material meets the established criteria. This depends on operating conditions, quality standards, and safety requirements.

Thus, improving the turbine by utilizing more heat-resistant materials is a promising direction that contributes to increasing power, lifespan, and overall efficiency of modern aviation engines.

THE ROLE OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS IN AVIATION MAINTENANCE

K. Myronenko; M. Shelydko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern aviation is characterized by a focus on creating more cost-effective maintenance systems due to the general trend of increasing operational expenses. The task of efficiently managing technical resources and spare parts, as well as an integrated approach to organizing the work of engineering and technical personnel, requires modern solutions centered on information systems. These systems help reduce time and financial costs for record-keeping, planning, and conducting repairs.

The implementation of the ILIAS Solutions platform is being considered as a universal software suite designed to optimize aircraft maintenance at all stages of the life cycle – from spare parts supply planning and repair process control to monitoring the readiness of aircraft and other air assets. The uniqueness of this solution lies in its modular structure, which allows for system customization to meet specific user requirements and enables the application of resource management algorithms. The system supports integration with other IT solutions and allows for functionality expansion as the fleet grows or new technologies are introduced, which is critical in the dynamic environment of the Ukrainian Air Force. This approach not only optimizes budget utilization but also ensures a rapid response to the evolving needs of aviation operations.

Preliminary results from ILIAS Solutions implementation in several defense agencies worldwide confirm that adopting such a platform reduces aircraft downtime and enables more efficient flight preparation while complying with all technical regulations. Additionally, the centralized analytics system embedded in ILIAS Solutions allows for in-depth analysis of operational performance and accurate forecasting of spare parts requirements based on real data rather than rough estimates.

Based on the obtained assessment, it can be concluded that for both routine flights and tactical missions in military aviation, the use of this system contributes to increasing continuous operational time, reducing maintenance costs, and improving overall flight safety indicators.

SWARM STRIKE UAV CONFIGURATION

O. Dovzhenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The experience of combat operations in Ukraine has demonstrated that the use of strike UAVs in swarms increases operational effectiveness. The swarm approach improves strike coordination, reduces vulnerability to electronic warfare (EW)

systems, and enables the massive deployment of UAVs in complex combat conditions. Strike UAVs operating in swarms effectively conduct both precision and large-scale strikes, as well as suppress air defense systems.

A key advantage of a swarm of identical UAVs is the potential reduction in total costs due to the large overall quantity of standardized units. However, a disadvantage of such a swarm is the lower efficiency of non-specialized UAVs when performing diverse tasks compared to specialized models. Conversely, the advantages and disadvantages of a swarm consisting of different types of UAVs are the opposite of those of a swarm of identical UAVs.

The development of swarm systems, therefore, requires a fundamental configuration that ensures the ability to be rapidly and cost-effectively modified into strike, reconnaissance, or interceptor UAVs.

The basic configuration of a swarm UAV features an arch-ring wing design, incorporating a ring section to close the structural loop of the arch-shaped wing and enhance the efficiency of the propulsion system's air propeller, which is housed within the arch-ring wing. The modular design of this swarm strike UAV configuration allows for adaptable payloads depending on mission requirements – ranging from munitions to electronic warfare equipment.

RESEARCH ON METHODS FOR IMPROVING THE FUEI EFFICIENCY OF A FIGHTER JET

R. Buriak

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Optimizing the operation of turbojet and turbofan engines by updating the engine control system software helps reduce excessive fuel consumption in various flight modes. The use of advanced materials, such as heat-resistant composites and superalloys, allows for higher combustion temperatures, increasing engine efficiency.

Installing improved fuel injectors ensures more efficient fuel atomization and combustion, reducing fuel consumption without compromising power. Modernizing compressors and turbines enhances the compression ratio, improving the overall performance of the powerplant.

The use of adaptive air intakes optimizes airflow to the engine depending on speed and altitude, reducing unnecessary energy losses. Implementing new thrust management algorithms, including adaptive engine operation modes, enables more efficient fuel distribution based on mission requirements.

A comprehensive modernization of the powerplant, without the need for complete replacement, is an effective way to enhance the fuel efficiency of existing fighter jets, reducing operational costs and improving combat effectiveness.

VISUALIZATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE DROP STABILIZERS FLOW IN THE TH-1 KHNAFU AERODYNAMIC TUBE

A. Mostovyi; S. Bondarenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

Strike unmanned aerial vehicles (UAVs) have gained significant prevalence in the russian-ukrainian war, with most of the drops from these UAVs being improvised and homemade, which negatively affects their accuracy. The accuracy of

such drops is improved through a trial-and-error approach. Aerodynamic enhancement of drops will contribute to improving their accuracy and the systematic improvement of UAVs drop design is a relevant scientific and practical challenge.

The task of aerodynamic design of drop stabilizers can be solved through experimental and theoretical aerodynamic methods. At the initial stage of aerodynamic design, theoretical aerodynamic methods are employed, while experimental methods are used to verify and refine the results. The theoretical part of the aerodynamic design of drop stabilizers is carried out using the well-known and extensively validated modular software package "Integration 2.1", which determines the optimal shape and position of a stabilizer that ensures the stability of the munition after being dropped from UAVs. For the experimental investigation of the influence of drop stabilizer geometry on its aerodynamic characteristics, the TH-1 KhNAFU aerodynamic tube has been modified. The visualization of the drop flow pattern is performed using the silk thread method, which allows to identify and eliminate the flow separation on the drop stabilizers. The final outcome is a drop stabilizer design that eliminates flow separation zones and ensures guaranteed stability of the drop's flight, thereby increasing its accuracy.

DEVELOPMENT OF DEVICE MODELS FOR TESTING MAXIMUM OPERATING MODES OF Mi-8MT HELICOPTER ENGINES

T. Tkach

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The extensive use of helicopter aviation in combat operations during the full-scale invasion by the Russian Federation has presented challenges in conducting a complete cycle of powerplant tests for the Mi-8MT helicopter. Due to the high engine power, the helicopter may lift off the ground even when testing a single engine at elevated power settings.

To address this issue, a structural modification of the Mi-8MT helicopter's main rotor blades has been proposed by integrating a specialized blade loading device. This enhancement will facilitate engine testing in takeoff and emergency modes without requiring the helicopter's total weight to be increased to 13,000 kg. Furthermore, it enables testing on landing sites that lack mooring equipment.

The proposed loading device is designed for testing Mi-8 helicopters equipped with the high-power TV3-117 engine series. It is mounted on the main rotor blade near section No 21.

Performance analysis of the device demonstrates that it absorbs 1,455 kW of power, which accounts for 88% of the total engine output. This ensures the capability to conduct a full-cycle powerplant test at maximum operating conditions without causing the helicopter to lift off the ground.

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: METHODS FOR PREDICTING AIRCRAFT ENGINE FAILURES

O. Pankul; O. Kuziv

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

During combat operations, flight safety requirements remain at a high level, necessitating the search for new ways to improve the maintenance system, develop new methods and tools for monitoring the technical condition of aircraft, and enhance predictive maintenance techniques.

The diagnostics of aircraft engines using artificial intelligence (AI) is becoming increasingly relevant due to the growing demands during combat operations for safety, efficiency, and reduced maintenance time for aviation equipment.

Given the importance of restoring operational capability as quickly as possible, AI-based systems can be developed to analyze potential errors (error codes) in real-time data and predict the likelihood of future defects or performance degradation. This ensures timely maintenance, reduces unexpected engine failures, and optimizes repair planning.

The integration of AI with aircraft engine monitoring and diagnostic systems requires compatibility with existing aviation systems to ensure the seamless incorporation of new algorithms into onboard systems. For high reliability and safety, AI systems must undergo rigorous validation and certification, as errors in predictions can have serious consequences for flight safety.

The implementation of this technology introduces new advantages, expanding the traditional aspects of aircraft maintenance while modernizing them through adaptability, predictability, mobility, and autonomy.

RESEARCH ON WAYS TO IMPROVE THE TACTICAL CHARACTERISTICS OF THE LIGHT MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT AN-26

A. Vyun

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The modernization of the current transport aviation fleet of the Air Force of Ukraine is critically important for ensuring national security and the effective defense of the country. Modern conflicts require high speeds, mobility, and the ability to transport essential cargo, especially under limited resource conditions. Upgrading the fuel system of the light military transport aircraft An-26 is a key direction for enhancing its tactical characteristics. Updating the fuel supply, storage, and management system can significantly improve engine efficiency, increase flight range and duration, and enhance the overall reliability of the aircraft in combat and logistical missions. The main areas of improvement include the use of new fuel pumps and filters, the implementation of an adaptive fuel consumption control system, the use of lightweight composite materials to reduce the weight of fuel tanks, and the potential integration of alternative fuel blends to reduce dependence on traditional fuel types. Modernization will extend the operational lifespan of the An-26, reduce maintenance costs, and adapt the aircraft to the modern requirements of military transport aviation. This is critically important in the context of expanding operational capabilities and enhancing the combat readiness of the aircraft fleet.

DIRECTIONS FOR IMPROVING THE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE MI-24 HELICOPTER

V. Kapytsia

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Attack and transport helicopters play an important role in modern combined arms combat. Combat experience has become the basis for modernizing helicopters to make them more suitable for the conditions of the modern battlefield. The Mi-24 is a multi-purpose attack helicopter that combines the ability to fire on the enemy

with the transportation of troops. However, given the current requirements for combat aircraft, its tactical and technical characteristics need to be significantly updated.

The main areas of modernization include increasing combat effectiveness and protection, upgrading engines and flight characteristics, improving avionics, and optimizing operational parameters. Improving combat capabilities involves replacing outdated missiles with modern guided munitions. An important step is the modernization of sighting systems, including optoelectronic stations and helmet-mounted targeting systems. The helicopter's survivability can be significantly improved by reinforced armor using composite materials and the integration of active defense systems to counteract heat-seeking missiles. The upgrade of flight and tactical characteristics involves the installation of modern engines, which will provide more power, maneuverability and payload.

Thanks to a comprehensive approach to modernization, the Mi-24 will be able to remain an effective combat helicopter in modern conflicts. The introduction of modern weapons, improved protection, updated engines and avionics will significantly increase its combat capability and extend its service life.

THE IMPORTANCE OF SWITCHING TO WESTERN STANDARDS OF AIRCRAFT MAINTENANCE DURING RUSSIA'S INVASION OF UKRAINE

N. Fomuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Russia's full-scale invasion of Ukraine has posed a critical challenge to the Air Force and defense industry to ensure the continued combat capability of aircraft in the face of active hostilities and the destruction of traditional logistics chains. In these circumstances, the transition to Western standards for aircraft maintenance has become strategically necessary to preserve and enhance the combat capabilities of Ukrainian aviation.

The Ukrainian army is actively switching to Western aviation, receiving F-16, Mirage 2000 and other types of weapons from partners. The maintenance of these aircraft requires the introduction of new maintenance standards, the use of modern materials, digital diagnostic technologies and automated CBM (Condition Based Maintenance) systems.

Integration into the western MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) system provides access to modern technologies, spare parts and maintenance methods, which extends the life cycle of aircraft. At the same time, some Soviet aircraft are still in service, and to continue their operation, it is necessary to adapt their maintenance to Western methods.

Western repair standards provide increased efficiency and safety. NATO and EASA (European Aviation Safety Agency) standards impose stricter requirements for quality control of maintenance, modernization of technicians, and the use of certified components. This not only increases the reliability of aircraft in combat conditions, but also reduces the risk of accidents and malfunctions.

The switch to Western repair standards will facilitate Ukraine's integration into NATO's collective security system. The use of unified maintenance standards will allow the Ukrainian Air Force to interact more effectively with allied military aircraft, simplifying joint operations, logistics and resource sharing.

RESEARCH ON THE FUEL EFFICIENCY OF THE IL-76 MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT

*D. Kolotukhin; D. Snizhko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of fuel efficiency in transport aircraft manufactured between 1960 and 2020 has highlighted the need to increase flight range and enhance fuel efficiency in this class of aircraft. Given the rapid advancement of aviation technologies, optimizing fuel consumption and improving the overall operational efficiency of transport aircraft remain highly relevant issues.

A detailed technical study of the combat missions of the Il-76 aircraft has been conducted, allowing for an assessment of its current capabilities and potential upgrades. Various approaches to meeting tactical and technical requirements have been examined by improving the fuel efficiency coefficient, which is a key parameter for modern aviation systems.

Additionally, the relationship between aircraft fuel efficiency and their year of production has been analyzed, enabling the identification of aviation technology development trends and directions for further modernization. As part of the study, design calculations have been performed to replace the structural elements of the Il-76 aircraft engine, along with a verification calculation under maximum allowable load to ensure reliability and operational safety.

The proposed method allows for fast and accurate technical calculations, the establishment of operational limitations, and the determination of necessary measures to extend the flight range of the Il-76 aircraft. This, in turn, opens up opportunities for further optimization of its characteristics and expansion of its applications.

DIRECTIONS FOR IMPROVING THE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF A TRAINER AIRCRAFT BASED ON COMBAT EXPERIENCE

*Kh. Sachko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Trainer aircraft play a crucial role in preparing pilots for combat aviation. The experience of modern armed conflicts has demonstrated the need to enhance their technical and tactical characteristics to better adapt future pilots to real combat conditions. The main areas of modernization include avionics upgrades, aerodynamic and performance enhancements, increased safety measures, and the integration of modern weapon systems. Avionics upgrades involve the implementation of digital cockpit displays, advanced navigation, and targeting systems, bringing the training process closer to the operational environment of modern combat aircraft. Enhancing performance is achieved through new engine installations, improved maneuverability, and an optimized airframe design, enabling the simulation of complex flight scenarios.

Safety improvements include the integration of next-generation ejection seats, enhanced armor protection for critical components, and the implementation of automatic collision avoidance systems. To approximate real combat conditions, trainer aircraft may be equipped with simulated weapon deployment systems, along

with provisions for light weapon systems to support training and low-intensity combat operations.

Thus, the modernization of trainer aircraft will significantly improve pilot training quality, enhance their readiness for real combat operations, and increase the operational effectiveness of such aircraft in military aviation.

DIRECTIONS FOR IMPROVING THE TACTICAL CHARACTERISTICS OF THE MI-8 COMBAT TRANSPORT HELICOPTER

R. Bezkrivnyi

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Mi-8 transport and combat helicopter is one of the most massive and widespread multi-purpose helicopters in the world. However, modern requirements for conducting combat operations and transporting troops require improving its tactical characteristics. The main areas of improvement of the Mi-8 are: modernization of the power plant, namely, replacement or improvement of engines to increase power, reduce fuel consumption and increase altitude and speed characteristics. Strengthening the reservation – improving the protection of the crew and critical components from small arms and enemy anti-aircraft weapons. Improving avionics and navigation systems – installing modern electronic control systems, sensors and communication means to increase the effectiveness of combat missions. Expanding the range of weapons – integrating modern guided missiles, airborne guns and active protection systems to increase firepower. Reducing visibility – implementing technologies to reduce thermal and radar visibility to reduce the likelihood of detection and damage by the enemy. Automation and digitalization the use of modern digital control systems to increase the autonomy and accuracy of combat use.

Improving the tactical characteristics of the Mi-8 will significantly increase its combat effectiveness, survivability in difficult combat conditions and compliance with modern requirements of military aviation. The report proposes a variant of modernizing the helicopter by improving its landing and transport equipment.

OPTIMIZATION OF AIR INTAKE DESIGN FOR ENHANCED AIRCRAFT ENGINE PERFORMANCE

Y. Miroshnichenko; V. Buts

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The air intake is a critically important component of an aircraft gas turbine engine, ensuring the delivery of air to the compressor with optimal parameters. Its design directly affects engine performance, fuel efficiency, and the overall flight characteristics of the aircraft.

The main types of air intakes include:

- Subsonic air intakes used in subsonic fighters, transport aircraft, and commercial airliners
- Supersonic air intakes utilized in fighter jets such as the F-16, Su-27, MiG-29, as well as in supersonic aircraft like the Concorde
- Hypersonic air intakes applied in experimental and next-generation aircraft, such as scramjets.

The efficiency of an air intake depends on several key parameters: pressure recovery factor, pressure losses, flow uniformity at the exit, aerodynamic drag, and stability under disturbances.

A comprehensive analysis of air intake performance involves the following methods:

Experimental research, including bench tests, flight tests, and real-world operational analysis. Numerical modeling based on computational fluid dynamics (CFD analysis). Thermo-aerodynamic analysis to assess thermal loads. Acoustic analysis to minimize noise characteristics.

RESEARCH ON IMPROVING THE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF A MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT BASED ON COMBAT EXPERIENCE

M. Bulatov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

With the experience of modern armed conflicts, increasing the effectiveness of military transport aviation (MTA) through the improvement of its tactical and technical characteristics has become crucial. The primary areas for improvement include enhancing the aircraft's survivability and protection, increasing payload capacity, extending flight range, upgrading navigation and electronic systems, and integrating advanced active and passive defense systems.

This report aims to analyze current MTA development trends, the specific features of aircraft deployment in combat zones, and propose ways to optimize aircraft design and systems. Particular attention is paid to the use of modular solutions for adapting aircraft to various mission types, improving communication systems and interoperability with other units, and the implementation of new materials and technologies to reduce structural weight while simultaneously increasing strength.

The author proposes a prototype aircraft modernization project by improving the flight control system and wing mechanization, which should enhance the aircraft's maneuverability and controllability.

The improvement of these characteristics will contribute to increased combat readiness of military transport aviation, expand its functional capabilities, and ensure greater flexibility in performing both combat and humanitarian missions.

METHODOLOGY OF AERODYNAMIC DESIGN OF AN AIRCRAFT PROPELLER FOR AN AIRCRAFT-TYPE UAV

M. Sheludko; K. Myronenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The experience of using UAVs in this armed confrontation demonstrates that unmanned aircraft have become particularly important in modern combat operations. Due to its versatility and relatively low cost, UAVs perform a wide range of combat missions, so there is an urgent scientific and practical task of increasing the range of UAV flight with different variants of its combat load.

The paper presents a methodology for the aerodynamic design of a fixed and variable pitch propeller based on the vortex theory. The results of the design calculation of the propeller are the input data for determining the aerodynamic and

flight characteristics of an airplane-type strike UAV in the software package "Integration 2.2". The software package made it possible to conduct comprehensive parametric studies of the UAV, determine its limitations in terms of range, flight duration, the impact of the bomb load, and flight speed at a given flight altitude.

The analysis of the obtained results led to the conclusion that the most significant factors in improving the flight characteristics of the UAV under study are the improvement of its wing aerodynamics and the design of an optimal propeller for a specific combat mission with a different combat load. The implementation of the concept of an optimal propeller for a specific combat mission is proposed in the form of a set of propellers when completing a UAV.

Thus, the methodology for aerodynamic design of fixed and variable pitch propellers, combined with the methodology for determining the aerodynamic and flight characteristics of aircraft-type UAVs, allows developing practical recommendations for improving the aerodynamic and flight characteristics of UAV.

RESEARCH ON FUEL EFFICIENCY OF THE MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT AN-26

D. Lavrenchuk; V. Zhyrun

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

A statistical analysis of the fuel efficiency of aircraft produced between 1960 and 2020 has revealed the need to increase the flight range of aircraft in this class. Based on this, the issue of improving aircraft fuel efficiency as a whole arises.

This study conducted an engineering analysis of the combat missions of the AN-26 aircraft. The feasibility of meeting the specified tactical and technical requirements was justified by improving the fuel efficiency coefficient of the AN-26. An analysis of aircraft fuel efficiency based on the year of manufacture was carried out. Design calculations were performed for the structural elements of the AN-26 aircraft engine that were replaced, along with a verification calculation under maximum allowable load conditions.

The proposed methodology enables the rapid execution of engineering calculations and the determination of operational limitations necessary to increase the flight range of the AN-26 aircraft.

FUEL EFFICIENCY OF HELICOPTERS

V. Zhyrun; D. Lavrenchuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Air transport significantly impacts the Earth's atmosphere due to the use of gas turbine engines in modern helicopters. These engines, powered by jet fuel, emit exhaust gases primarily at high altitudes, with a small amount near airports. Aviation consumes about 4% of total fuel used in all transportation, contributing to air pollution. Key pollutants include carbon monoxide, unburned hydrocarbons, nitrogen oxides, and soot. Emissions vary with engine performance: during low throttle and landing, carbon monoxide and hydrocarbons rise, while nitrogen oxide decreases. At steady flight, carbon monoxide and hydrocarbons decrease, but nitrogen oxide increases. Soot emissions are highest during takeoff and climb when engines use more power.

Reducing harmful emissions can be achieved by improving engine efficiency, fuel consumption, and flight operation methods, such as increasing payloads and locating airports farther from cities. Technological advancements, including improved GTE designs and better fuel efficiency, are key to reducing environmental impact. In conclusion, modernizing helicopters and their engines can improve fuel efficiency, directly benefiting the environment.

CHARACTERISTICS DETERMINATION OF AN AIRCRAFT RADAR VISIBILITY IN A MODEL EXPERIMENT

S. Shevchenko¹; O. Pastushenko², V. Bezdielny³, Ph.D.

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Vinnitsia National Technical University;

*³Department for International Military Assistance and Monitoring
of the Ukraine Ministry of Defence*

The experiment verifies mathematical model adequacy and provides final estimates of radar visibility characteristics. The high reliability of the experimental determination radar visibility characteristics results is achieved by using metrological and methodological support of the experiment, taking into account the factors that significantly affect the test results and depend on the features and parameters of the experimental setup, other environmental parameters. It is shown that the main factors affecting the experimental results are: the positioning accuracy of the emitting, and receiving antennas together with the UAV model; irradiation frequency and sensitivity of the receiving antenna sensor.

In the model experiment, the radar visibility parameters of the promising Celera 500l aircraft were determined. It is shown that the method of aiming the antennas at the maximum signal from the sphere does not provide the required accuracy of determining the azimuthal angle and the angle of position zero values. An aeroplane-shaped template with a simple fuselage, arrow-shaped wing, and plumage is developed. The design of the model's dielectric suspension is developed, which provides large model tilt angles, which is important for determining the radar visibility characteristics of small UAVs. It is shown that the characteristics of radar visibility obtained in the model experiment are in good agreement with other known reliable data, which indicates the adequacy and efficiency of the experimental methodology for determining the characteristics of aircraft radar visibility.

OPTIMIZATION OF ARTILLERY FIRE CONTROL SYSTEM USING UAV

S. Suleymanov, Ph.D.; A. Bayramov, ScD, prof.; F. Abdullayev, ScD, prof.

Republican Seismic Survey Center (Baku, Azerbaijan)

The main advantage of an unmanned artillery fire control system operating using UAVs with AI is the fastest possible decision-making without human factor based on a flexible assessment of the environment (situation), the type of enemy weapons and the category of their importance, as well as the distance to enemy military installations. As can be seen from the analysis of the problems of automating artillery fire control [1-7], the development of existing and future automated control systems at the tactical level is almost always carried out in conditions of a limited number of artillery systems. Therefore, as the first objective function of the problem of optimal synthesis of an automated workstation for the commander of an artillery

battery (brigade, division), it is proposed to use the total firepower P_0 of its components. This optimization problem is proposed to be solved using the objective function.

The purpose of the report is to present the results of the developing a complex for remote control of unmanned artillery fire, developed using UAVs with artificial intelligence. The developed unmanned system includes sensor modules for assessing the environment, collecting and processing data, planning and decision-making, and preparing commands for the commander of an artillery battery, battalion, division or brigade. To solve the problem of optimal synthesis of an automated workstation for an artillery battery commander, it was proposed to use the total firepower of its components as an objective function. A mathematical model was proposed for the optimal use of artillery installations and shells to destroy enemy targets using UAVs.

References

1. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 21-31.
2. Hashimov E.G., Bayramov A.A. The flight dynamics of drones // National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 11-16.
3. Hashimov E.G., Huseynov B.S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku : National Security and military knowledges. – 2021. – № 3 (7). – С. 14-24.
4. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
5. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9 міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. – Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла: 18-19 листопада, – 2021, – с. 118-119.
6. Hasanov A.H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages // Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – № 3. – С. 74-80.
7. Bartulović V., Trzun Z., and Hoić M. "Use of Unmanned Aerial Vehicles in Support of Artillery Operations". Strategos, vol. 7 no. 1, pp.71-92, 2023. e-ISSN 2459-8917.

ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИСОКОРОЗТАШОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЛАНЕРА ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

О.В. Коломійцев¹, д.т.н., проф.; В.Г. Сайко²; В.О. Комаров²

¹Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут";

²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

Одним із заходів інженерно-авіаційної служби щодо підтримки літальних апаратів (ЛА) у справному стані, є проведення дефектоскопічного контролю (ДК) їх конструктивних елементів. Застосування способів дефектоскопії для контролю зовнішніх поверхонь планера ЛА, а саме, методу візуально-оптичного контролю, забезпечує виявлення експлуатаційних пошкоджень – тріщин, ерозійних та корозійних поверхневих пошкоджень, вибоїн, подряпин, викрашення матеріалу в обшивці конструктивних елементів планера літального апарату, насамперед, важких транспортних літаків типу широкофюзеляжних високопланів типу Іл-76, Ан-70, Ан-124 "Руслан" з розмахом крила не менше 20 метрів і висотою не менше 8 метрів. Але необхідно встановлювати обладнання для доступу до місць огляду, що

потребує значного часу. Тому, з метою удосконалення зазначеного вище методу ДК і зменшення часу на діагностування конструкцій планера ЛА, розташованих на висотах 3-5 м і більше, пропонується застосовувати безпілотні літальні апарати (БпЛА) типу квадрокоптер, споряджені візуальними приладами реєстрації зображення (ВІРЗ), зокрема, відеокамерами з високою роздільною здатністю, підключених через блок передачі зображення на наземний пульт діагностики, що забезпечить можливість огляду/дефектоскопії всієї зовнішньої поверхні планера ЛА (без застосування технологічного обладнання) за час в десятки разів менший, ніж при “ручному” обстеженні.

ДОПУСК ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ ДІЇ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ

*А.А. Шульгін, к.т.н., ст.д.; О.Г. Карасьов, к.т.н., с.н.с.; Г.О. Шумілін
Державний науково-дослідний інститут авіації*

В авіації ПС ЗС України експлуатуються авіаційні двигуни третього та четвертого покоління без авторського супроводження.

За аналізом стану парку двигунів на 01.01.2025 року визначено, що певна їх кількість експлуатується поза межами призначеного та міжремонтного ресурсів (напрацювання в годинах, циклах, запусках) відповідно до “Правил інженерно-авіаційного забезпечення під час приведення авіаційних військових частин у вищій ступені бойової готовності та в умовах особливого періоду”.

Для забезпечення допуску до експлуатації таких двигунів розроблено і впроваджено поетапне виконання переліків робіт, які уточнюються на кожному етапі за результатами оцінки технічного стану і виявлених несправностей.

Особливістю двигунів четвертого покоління є наявність особливо відповідальних деталей, величина призначеного ресурсу яких менше призначеного ресурсу двигуна. До них відносяться диски компресора і турбіни, підшипники та інше. Для індивідуального допуску двигуна з цими деталями до експлуатації поза межами призначених показників, запропоновано при оцінці його технічного стану використовувати новітні методи діагностики та результати розрахункової оцінки залишкового ресурсу на основі аналізу отриманої пошкодженості особливо відповідальних деталей за увесь період з початку експлуатації.

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ РЕАЛІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.; Б.Й. Семон, д.т.н., проф.
Національний університет оборони України*

Актуальність задачі визначається сучасними потребами щодо забезпечення призначених показників бойових спроможностей військових формувань, на озброєнні яких перебувають системи ОВТ, які характеризуються достатньо тривалим перебуванням на стадіях життєвого циклу “використання” та “підтримка”. Крім того, внаслідок існуючих обмежень щодо можливості

проведення відповідних ремонтів (робіт) і забезпеченості матеріальними засобами (ресурсами, послугами) зазначені системи ОВТ практично вичерпали призначені терміни служби (ресурси). Отже, підтримання систем ОВТ в боездатному стані для ефективного виконання завдань в сучасних умовах потребує суттєвого удосконалення його логістичного забезпечення.

В доповіді запропоновані рекомендації щодо практичного застосування методу організації моніторингу та прогнозування рівня технічної готовності систем ОВТ в існуючій системі планування ремонту ОВТ, які дозволяють, по-перше, попередити досягнення зазначеними зразками граничного стану протягом інтервалу часу між контролями граничного стану, та, по-друге, обґрунтувати порядок планування виходу у ремонт зразків ОВТ, які за результатами прогнозу середнього наробітку на відмову досягають граничного стану до наступного контролю граничного стану. Наведені рекомендації щодо практичного застосування методичного підходу щодо оцінювання ефективності ракетно-технічного забезпечення військової частини для забезпечення моніторингу та прогнозування рівня технічної готовності систем ОВТ, проведено оцінювання збережуваності виробів однократного застосування та отриманий коефіцієнт збережуваності зазначених виробів.

ВИБІР МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

*П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.; В.В. Корнелюк
Національний університет оборони України*

Актуальність наведеного питання обумовлено необхідністю своєчасного виявлення моментів виникнення граничних станів радіоелектронного обладнання (РЕО) повітряних суден (ПС) Державної авіації (ДА) в сучасних умовах експлуатації. При цьому необхідно враховувати, що моменти початку процесів деградації є випадковими і індивідуальними для кожного типу виробів, що вносить частку невизначеності стосовно термінів перебування засобів РЕО у визначеному технічному стані.

В доповіді для вирішення актуального питання вибору методу прогнозування процесу зміни технічного стану РЕО ПС ДА в існуючих умовах було проведено дослідження щодо застосування існуючого методичного апарату. Під час дослідження встановлено, що для прогнозування показників надійності застосовуються, як правило, методи екстраполяції наявної інформації. Серед них найбільш зручними для використання є методи лінійної регресії. Але, аналіз результатів застосування даних методів свідчить про те, що точність прогнозних даних не перевищує 50-60 %. Це пояснюється тим, що прогнозований показник надійності представляється у вигляді функції або календарного терміну експлуатації за періодами (місяці, квартали, роки), або наробітку, величина якого змінюється випадково. В той же час випадковість наробітку не притаманна виробам РЕО, що знаходяться на борту ПС, де вони у значній мірі захищені від дії ряду негативних кліматичних факторів.

Таким чином, для вирішення завдання короткострокового прогнозування обґрунтовано використання методів лінійної регресії, як таких, що задовольняють заданим умовам.

ПОКРАЩЕННЯ ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРТОЛЬОТУ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ РУЛЬОВОГО ГВИНТА

*М.Ю. Кибальний; С.О. Дегтяренко; К.Б. Балушок
Акціонерне товариство “МОТОР СІЧ”*

Покращення льотно-технічних характеристик існуючого парку вертольотів є актуальною задачею на сьогоднішній день. Існує декілька дієвих способів досягнення такої мети, серед яких покращення характеристик рульового гвинта є одним з найбільш актуальних (для вертольотів типу Мі-8 та Мі-24).

Вертольоти типу Мі-8 та Мі-24 від самого початку експлуатації зіштовхнулися з проблемою недостатніх запасів керованості, особливо в умовах високогір'я та при максимальних злітних масах. Ця проблема повністю не усунута і досі, хоча і було здійснено деякі роботи в цьому напрямку (зміна напрямку обертання рульового гвинта, його положення відносно кіля, збільшення хорди лопаті).

Використання рульового гвинта нової компоновки типу “ножиці” має ряд суттєвих переваг, серед яких: зниження акустичного рівня шуму, покращення маневреності, збільшення максимальної швидкості польоту, можливість збільшення максимальної злітної маси вертольоту та розширення умов його експлуатації.

Сучасний стан розвитку методів чисельного моделювання дозволяє дослідити складну вихрову структуру взаємодії нерегулярно розташованих за азимутом лопатей та отримати оптимальні кути їх розташування.

Використання рульового гвинта компоновки типу “ножиці” дозволить суттєво покращити льотно-технічні та експлуатаційні характеристики вертольотів типу Мі-8 та Мі-24 разом з підвищенням рівня безпеки польотів.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

М.І. Войтович¹, к.ф.-м.н., доц.; Х.І. Ліщинська¹, к.т.н., доц.;

А.П. Сенік², к.ф.-м.н., доц.; Ю.А. Сенік³, к.т.н.

¹Національна академія сухопутних військ;

²Національний університет “Львівська політехніка”;

³Національний лісотехнічний університет України

З розвитком авіаційної техніки зростають вимоги до ефективності, економічності та надійності літальних апаратів, що пов'язано зі зменшенням матеріаломісткості конструкції при збільшенні питомої міцності та жорсткості деталей конструкції, застосуванням високоміцних сплавів, що важко деформуються. Виготовлення деталей із високоміцних сплавів накладає на технологічний процес низку обмежень за умов термічної обробки та граничних деформацій.

Використовуючи вплив потоків енергії великої потужності можна виконувати різні технологічні операції без механічного силового впливу інструменту на деталь і безпосереднього контакту між інструментом і деталлю виключно за рахунок використання специфічних для кожного виду подібних впливів фізичних і хімічних явищ.

Запропонована математична модель для чисельного визначення технологічних параметрів впливу потоку енергії великої потужності на робочу

поверхню деталі з метою прогнозування області термічного зміцнення та зон можливого оплавлення та руйнування. На основі побудованої математичної моделі процесу термічної обробки поверхонь виробів і отриманих розв'язків проведено числові дослідження розподілу температурного поля та температурних напружень в тілах циліндричної форми для різних типів сталі. Числові дослідження проводились з врахуванням різних умов дії джерела енергії для моделі, що враховувала термочутливість матеріалу, а також при інтегрально усереднених характеристиках.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ПОШКОДЖЕННЯ ОСОБЛИВО ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

*В.Г. Сидяченко, к.т.н., ст.д.; В.В. Покровський, д.т.н., проф.
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренко
Національної академії наук України*

В умовах повномасштабної агресії РФ актуальною задачею є науково-технічне обґрунтування оцінки і пошуки шляхів подовження встановленого (проектного) ресурсу особливо відповідальних деталей таких як ротори авіаційних двигунів військової авіації.

В роботі розглянуто методики прогнозування безпечного пошкодження дисків компресорів та турбін стаціонарних та авіаційних газотурбінних двигунів (АГТД) на стадії докритичного розвитку тріщин для забезпечення продовження ресурсу АГТД за безпечної та рентабельної експлуатації.

Пропонується призначення міжоглядових періодів та термінів та обсягів проведення регламентних робіт з урахуванням закономірностей докритичного розвитку тріщин. При цьому враховуються особливості роботи матеріалів стаціонарних двигунів (пікові, стаціонарні режими), АГТД (типові польотні цикли), форми циклів навантаження, температурні режими, форми фронту тріщини та його критичні розміри тощо.

Експериментальне визначення кінетики розвитку тріщин в матеріалах роторів АГТД з урахуванням деградації механічних властивостей після напрацювання надасть можливість прогнозування періоду розвитку тріщин від початкового розміру до критичного з метою недопущення катастрофічного руйнування диску АГТД у випадку якщо тріщина ініціюється між двома регламентними оглядами.

ВІБРОДІАГНОСТИКА МЕХАНІЗМІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ ПКВП

*І.М. Яворський¹, д.ф.-м.н., проф.; Р.М. Юзефович^{1,2}, д.т.н., проф.;
Р.І. Пеліпець²; Б.Р. Комарницький¹*

*¹Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка
Національної академії наук України;*

²Національний університет "Львівська політехніка"

У практиці діагностики обертових вузлів авіаційної техніки виявлення, локалізація та визначення ступеня розвитку дефекту і його ознак, можливі на основі детального дослідження структури вібраційних сигналів та її зв'язку з кінематикою і динамікою механізмів. Існуючі методи статистики періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) застосовуються для аналізу

вібраційних сигналів з метою виявлення і встановлення типів дефектів обертових вузлів механізмів. ПКВП-модель вібраційного сигналу дає можливість описати як циклічну повторюваність вібрацій так і їх стохастичність, а з використанням слухних оцінок математичного сподівання, кореляційної функції, спектральної густини, їх коефіцієнтів Фур'є кількісно оцінити їх взаємодію. Специфічні особливості кореляційної і спектральної ПКВП-структури вібраційного сигналу, а також гармонічний склад детермінованої складової, яка описується майже періодичною функцією – відображають характерні риси як розподілених, так і локалізованих дефектів. Діагностичні ознаки побудовані з використанням імовірних ПКВП-характеристик першого і другого порядків дають можливість виявити такі дефекти вже на ранній стадії їх розвитку. Такі діагностичні ознаки є інформативним інструментом, оскільки, на їх основі можна визначити технічний стан об'єкта, оптимізувати планування поточного і капітального ремонту, збільшити міжремонтний інтервал, зменшити витрати на закупівлю запчастин та матеріалів.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСОМ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*А.А. Шульгін, к.т.н., ст.д.; В.О. Харченко
Державний науково-дослідний інститут авіації*

З моменту набуття незалежності парк авіаційних двигунів військового призначення не поповнювався новими виробами, тому проблема максимального використання фактичного залишку їхнього ресурсу є надзвичайно актуальною. В умовах воєнних дій питання ефективного управління ресурсом ускладнилося ще більше через загрозу постійних обстрілів, значний дефіцит часу та бойові пошкодження. Усі ці фактори створюють серйозні виклики для існуючої системи підтримання справності авіаційних двигунів військового призначення.

Авторами запропоновано комплексний підхід до вдосконалення існуючої системи управління ресурсом парку авіаційних двигунів військового призначення, а саме:

- оперативний моніторинг параметрів роботи двигуна шляхом впровадження нового покоління безконтактних датчиків із вбудованою технологією передачі даних IoT;

- застосування методу критичних елементів для інтегральної оцінки технічного стану двигуна;

- своєчасне комп'ютерне моделювання теплового та напружено-деформованого стану основних деталей двигуна із врахуванням можливого впливу бойових пошкоджень;

- розробка автоматизованої інформаційної системи на основі єдиної бази даних, створеної відповідно до концепції Big Data, із використанням алгоритмів машинного навчання для оптимізації пошуку та аналізу історії експлуатації двигуна.

Реалізація запропонованих рішень забезпечить високу надійність та ефективність експлуатації авіаційних двигунів військового призначення за межами встановлених ресурсних показників.

РЕКОМЕНДАЦІ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕРІАЛЬНОЇ БАЗИ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.

Національний університет оборони України

Актуальність питання полягає у необхідності підтримання систем озброєння та військової техніки (СОВТ) в установлених ступенях готовності до застосування на стадії життєвого циклу “використання” шляхом цілеспрямованого впливу на елементи їх функціональних систем, а саме безпосередньо на радіоелектронну апаратуру СОВТ та засоби підтримування, випробування, вимірювання та діагностування системи їх технічного обслуговування і ремонту (ТОіР).

В доповіді для вирішення наведеного завдання запропоновано практично реалізувати метод формування раціональної конструкції (функціональної структури) СОВТ та засобів їх ТОіР в частині, що стосується розробки та впровадження засобів підтримування, випробування, вимірювання та діагностування системи ТОіР СОВТ та умов, які на це впливають. Обґрунтовано розробку зазначених засобів на прикладі універсального ремонтно-діагностичного комплексу (УМРДК), практичне використання яких для підтримання призначеного рівня бойової готовності СОВТ угруповань військ Повітряних Сил ЗС України забезпечить безперервність моніторингу технічного стану зразків СОВТ, застосуванні комплексу уніфікованих засобів військового ремонту, комплектів ЗІП, а також оперативний маневр силами і засобами підрозділів логістичного забезпечення для відновлення зразків СОВТ, які характеризуються істотним впливом на рівень боєздатності угруповання військ. Наведено варіант структури УМРДК СОВТ, реалізації інформаційної підтримки технологічних процесів ремонту та системи управління технологічним циклом ремонту складових частин виробів ОВТ.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ МАТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ІЗ УРАХУВАННЯМ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.

Національний університет оборони України

Актуальність питання полягає в необхідності забезпечення призначеного рівня технічної готовності та достатніми запасами матеріальних засобів сучасних систем озброєння та військової техніки (СОВТ) Сил оборони у відповідності до вимог існуючих нормативних документів держави. Зазначене формує нагальну потребу в удосконаленні організації управління запасами матеріальних засобів СОВТ, в тому числі з обов'язковим урахуванням інтенсивності експлуатації та реалізації стратегії технічного обслуговування і ремонту.

В доповіді для вирішення зазначеного питання запропоновано використання методу управління запасами матеріальних засобів (ресурсів, послуг). Уточнено перелік заходів, які потрібно виконати для практичного

застосування зазначеного методу, а саме, по-перше – формування переліку вихідних даних для визначення характеристик маршрутів доставки ресурсів (найменування або шифри ресурсів, загальна кількість їх типів (розмір номенклатури) в системі доставки; початковий та кінцевий вузли для кожного типу ресурсів; тип витрат на ресурс; типи та характеристики ділянок транспортних засобів, що використовуються; характеристики ділянок транспортної мережі); по друге – визначення кількості характеристик, які оптимізуються (час доставки ресурсів; витрати на доставку ресурсів; час доставки ресурсів при обмеженнях витрат на доставку; витрати на доставку ресурсів при обмеженнях на час доставки); по третє – визначення раціональної транспортної мережі в системі логістичного забезпечення.

ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ НОВИХ АВІАЦІЙНИХ ПЛАТФОРМ ЗАКОРДОННОГО ВИРОБНИЦТВА У ПОВІТРЯНИХ СИЛАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*О.В. Радько, к.т.н., доц., с.н.с.; А.В. Коцюруба; В.П. Бочарніков, д.т.н., проф.
Національний університет оборони України*

Поступове якісне та кількісне оновлення наявного вітчизняного парку бойової авіаційної техніки (АТ) за рахунок сучасних авіаційних платформ закордонного виробництва (АПЗВ) є одним із основних шляхів забезпечення відповідності спроможностей авіації Повітряних Сил ЗС України існуючим загрозам під час відбиття збройної агресії РФ. Експлуатація у ПС ЗС України літаків F-16 виявила проблеми в адаптації вітчизняної системи експлуатації АТ до відповідних систем та досвіду країн попередньої реєстрації АПЗВ, а також у приведенні національної системи підтримання льотної придатності (ПЛП) у відповідність до міжнародних вимог (ICAO, EASA, MAWA Forum, EDA).

У доповіді наведено шляхи вирішення зазначених проблем: створення організації утримувача національного сертифіката типу (військового) для АПЗВ та її схвалення відповідно до Частини-21В; створення та схвалення відповідно до Частини-МВ організації з управлінням ПЛП АПЗВ, до Частини-145В – організації з технічного обслуговування (ТО) АПЗВ; схвалення Програми технічного обслуговування АПЗВ; видання національного сертифікату типу та сертифікатів льотної придатності на кожен АПЗВ; підготовка персоналу (з ТО – з отриманням сертифікату відповідно до Частини-66В, льотного складу, інспекторів тощо); впровадження системи управління безпекою польотів АПЗВ та сертифікація експлуатанта АПЗВ; забезпечення та допуск аеродромів до експлуатації АПЗВ за встановленим в державній авіації України порядком тощо.

ПІДХІД ДО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

*І.Є. Сафонов, д.філос.; І.П. Коровін, к.т.н., доц.
Національний університет оборони України*

На сьогодні питання зниження витрат на експлуатацію і ремонт повітряних суден за умови підтримання заданого рівня безпеки польотів є одним з актуальних та важливих завдань інженерно-авіаційної служби.

Оптимальний період наробітку повітряного судна між відновлювальними роботами можна визначати за критерієм “вартість – ефективність” або критерієм забезпечення мінімуму середніх питомих витрат від відмов та планового технічного обслуговування протягом визначеного періоду. Для проведення розрахунків необхідно використовувати витрати людино-годин на різні види відновлювальних робіт та середні значення оплати таких робіт.

Значення напруцювання повітряного судна, що відповідають оптимальній періодичності проведення планово-попереджувальних заходів, встановлюються за максимальним значенням коефіцієнта технічного використання та мінімальним значенням питомої вартості однієї години знаходження повітряного судна у працездатному стані.

Побудова графічних залежностей критерію ефективності експлуатації і вартості перебування повітряного судна у справному стані від періодичності проведення робіт з технічного обслуговування дозволяє визначити якою ціною досягається максимальне значення коефіцієнту технічного використання.

Економічна ефективність експлуатації повітряного судна досягається шляхом визначення оптимального часу його наробітку до наступних робіт за екстремальними значеннями цільової функції при заданому рівні надійності функціональних систем і виробів та безпеки польотів.

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ БПЛА ПОВІТРЯ-ВОДА

С.О. Гринчак, к.т.н.; В.М. Догонов; Б.Б. Капочкін, к.г.-м.н.

Науково-дослідний центр Збройних Сил України “Державний океанаріум”

*Інституту Військово-Морських Сил Національного університету
“Одеська морська академія”*

Війна у підводному просторі суттєво відрізняється від війни у інших оперативних сферах морської війни. Під водою вкрай низька ситуаційна обізнаність, ускладнене позиціонування, низька швидкість і пропускна здатність гідроакустичного зв’язку.

В країнах НАТО проводяться інтенсивні роботи щодо прийняття на озброєння БПЛА морського призначення, а саме квадрокоптеру “Aqua-Quad” з гібридною мобільністю. “Aqua-Quad” знаходячись в безшумному режимі дрейфу, виконує задачу шумопеленгації в ПЧБ, фіксуючи шуми у спектральному діапазоні 2 Гц – 10 кГц. Апарат відстежує ризики захоплення і може протидіяти цьому шляхом пересування повітрям, або шляхом тимчасового занурення під воду. Aqua-Quad, здатний приводнюватися і в складі групи, утворюючи мережецентричну систему. AquaQuad може підніматися на висоту 150 м і передавати інформацію радіозв’язком. Тривалість роботи не менше 3-х місяців. У світлий час доби здійснюється повна зарядка сонячної батареї потужністю 340 Вт, що дозволяє здійснити одноразовий переліт з максимальною тривалістю 25 хвилин зі швидкістю до 54 км/годину.

На сьогодні, відсутність системи висвітлення підводної обстановки у ВМС ЗС України дає можливість противнику наносити удари з під води

Отже, для створення перспективної системи висвітлення підводної обстановки ВМС ЗС України виникає нагальна потреба постановки на озброєння системи ПЧБ ВМС ЗС України гібридних БПЛА аналогом платформи якої є квадрокоптер “Aqua-Quad”.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЛІТОВАНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ

*В.М. Чуприна, д.т.н., доц.; О.В. Кушніренко; В.М. Феденько
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Сучасні методи оцінки надійності охоплюють аналітичні, експериментальні та комбіновані підходи, які дозволяють отримати точні результати навіть у разі обмеженої кількості випробувань.

Оцінювання надійності літальних апаратів також передбачає розрахунок коефіцієнтів запасу міцності, що є визначальним фактором для підтвердження здатності конструкції витримувати навантаження без втрати працездатності. Використання математичного планування експериментів дає змогу оптимізувати процес випробувань, мінімізуючи витрати ресурсів і часу. Використання віртуального моделювання та цифрових технологій значно розширює можливості оцінки, дозволяючи не лише прогнозувати можливі відмови, а й тестувати ефективність конструктивних змін у режимі реального часу. Це дає змогу мінімізувати ризики та вдосконалити технологічні рішення ще на етапі проєктування.

Перспективним напрямом розвитку є розробка адаптивних методик оцінки надійності, що поєднують традиційні розрахункові підходи з експериментальними дослідженнями та інтегральними технологіями аналізу. Автоматизовані системи моніторингу технічного стану літальних апаратів, що базуються на датчиках контролю та алгоритмах штучного інтелекту, можуть значно підвищити ефективність виявлення потенційних проблем та дозволять здійснювати своєчасне технічне обслуговування. Це сприятиме не лише підвищенню рівня безпеки польотів, а й оптимізації витрат на експлуатацію авіаційної техніки.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕРОЗІЙНОГО ГОРІННЯ ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ПАЛИВА

*С.С. Василів, к.т.н.
Інститут технічної механіки Національної академії наук України і
Державного космічного агентства України*

Важливою характеристикою, яка впливає на працездатність твердопаливного двигуна, є ерозійний вплив на швидкість горіння при обтіканні заряду потоком газу. Раніше для оцінки цього впливу використовувався критерій Победоносцева, який для каналних зарядів полягав у визначенні співвідношення площі горіння до площі вихідного перетину каналу.

Сучасні методики проєктування твердопаливних двигунів передбачають використання залежності швидкості горіння палива від швидкості газу, що обтікає його поверхню. Однак, отримання таких даних викликає певні труднощі. Насамперед вони обумовлені складністю вимірювань параметрів потоку по об'єму камери, оскільки температура продуктів горіння сягає значень 2000-3500К.

Для отримання необхідних даних щодо ерозійного впливу потоку газу на швидкість горіння твердого ракетного палива було розроблено методику. Вона

полягає у поєднанні даних з експериментальних досліджень з комп'ютерним моделюванням. Випробування на моделі газогенератора дозволяє знайти співвідношення площ, при якому з'являється ерозійний вплив. В свою чергу, комп'ютерне моделювання дозволяє визначити швидкість потоку, який обтікає заряд і проковує збільшення швидкості горіння для тих же умов.

Розроблена методика може використовуватись для проектування зразків ракетного озброєння для потреб Сил Оборони України.

ОЦІНКА ПОТОЧНОГО СТАНУ ПОШКОДЖЕНОСТІ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

О.М. Масло, к.т.н.; А.А. Котляренко, к.т.н.; В.П. Швець, к.т.н.;

Є.О. Кондряков, к.т.н.

*Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка
Національної академії наук України*

Моніторинг поточного стану металу силових елементів конструкції літальних апаратів є важливою складовою забезпечення експлуатаційної надійності авіаційної техніки, а також аналізу причин можливих аварійних ситуацій. Залежно від типу конструкцій, матеріалів, доступності елементів і необхідного рівня деталізації діагностики застосовується широкий спектр неруйнівних методів контролю. Достатньо поширеними та простими у технічному забезпеченні є методи, що базуються на вимірюванні твердості.

У доповіді представлені результати експериментальних досліджень, спрямованих на оцінку поточного стану поверхні силових елементів конструкції літального апарату, що зазнали дії перевантажень у процесі експлуатації. Проведено аналіз впливу статичних навантажень на залишкові деформації конструктивних елементів. Розроблено наближену методику оцінки рівня напружень, що спричинили виявлені деформації. Встановлено кореляцію між рівнем залишкових напружень та змінами характеристик твердості поверхневого шару матеріалу, що дозволяє здійснювати експрес-оцінку поточного стану пошкодженості конструкції.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЛІТАКІВ ТИПУ СУ-27, ЯКІ ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УМОВАХ ДІЇ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ

О.М. Добриденко, к.т.н., с.н.с.; М.С. Стрела, д.філос.

Державний науково-дослідний інститут авіації

У зв'язку із веденням повномасштабних бойових дій з залученням авіаційної техніки Повітряних Сил ЗС України є актуальним завдання щодо забезпечення авіаційних військових частин максимально можливою кількістю літальних апаратів. Зокрема, одним із найбільш затребуваних типів літальних апаратів є літак типу Су-27.

Відповідно до керівних наказів, а також вказівок головного інженера авіації ПС, введено Переліки обов'язкових робіт та перевірок працездатності авіаційної техніки, що виконуються під час робіт зі збільшення ресурсу (продовження строку служби) за типами ЛА.

Літаки типу Су-27, що експлуатуються в умовах воєнного стану, мають різні напрацювання у продовжених строках служби та нальоту, і так само різну кількість етапів продовження ресурсних показників.

Слід зазначити, що тенденція збільшення затрат на відновлення значно залежить від накопиченої пошкодженості, яка у свою чергу залежить від умов та інтенсивності експлуатації.

Затрати на відновлення, а саме вартість відновлювальних робіт однієї одиниці ЛА в умовах військової частини вираховується за формулою:

$$C_{\text{в.р.}} = C_{\text{регл}} \cdot k_{\text{стр}}^C \cdot k_{\text{б.ур.}}^C,$$

де $C_{\text{в.р.}}$ – вартість відновлювальних робіт в умовах частини; $C_{\text{регл}}$ – вартість виконання регламентних робіт “важкої форми” за Переліком робіт на етап; $k_{\text{стр}}^C$ – коефіцієнт старіння.

ВПЛИВ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ТРУБЧАСТОГО ЕЛЕМЕНТА КОНСТРУКЦІЇ В УМОВАХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*П.О. Булах, к.т.н.; В.П. Швець, к.т.н.;
В.Є. Данилюк, к.т.н.; Є.О. Кондряков, к.т.н.
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка
Національної академії наук України*

У роботі запропоновано методику комплексної оцінки впливу змін фізико-механічних властивостей модифікованого поверхневого шару трубчастого елемента конструкції на його довговічність, з урахуванням експлуатаційних умов у порівнянні з вихідним станом матеріалу.

За результатами комплексних досліджень, що включали трибологічні випробування та інструментоване інденування, було визначено параметри тертя та фізико-механічні характеристики модифікованого поверхневого шару. Отримані результати показали його позитивний вплив на підвищення зносостійкості трубчастого елемента конструкції.

Результати чисельного моделювання процесів деформування трубчастого елемента конструкції в реальних умовах експлуатації, з урахуванням модифікації поверхневого шару, узгоджуються з експериментальними даними, отриманими в умовах термодинамічного навантаження. Встановлено, що застосування модифікації поверхневого шару суттєво знижує вплив втомних процесів у матеріалі під час навантаження, що сприяє підвищенню його довговічності.

ЩОДО АНАЛІЗУ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЗНОШЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ШИН

*П.П. Кульба; В.М. Феденько
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Сучасна авіація – це галузь, де кожен компонент має вирішальне значення для безпеки, ефективності та надійності повітряних суден. Серед таких ключових елементів особливе місце займають авіаційні шини, які

забезпечують безпеку зльоту, посадки, руху літака по злітній смузі та його маневрування на землі.

Однак, на жаль, вітчизняне виробництво наразі не може задовольнити потреби у виготовленні спеціалізованих шин для авіації, що змушує вдаватися до імпорту та ретельного відбору найякісніших зразків серед пропозицій іноземних виробників.

Саме тому дослідна експлуатація авіаційних шин іноземного виробництва вкрай важлива і спрямована на визначення оптимальних рішень для експлуатаційних умов. Акцент робиться на критеріях оцінки якості, таких як зносостійкість, стійкість до екстремальних навантажень, температурна стабільність та відповідність міжнародним стандартам безпеки.

Авіаційні шини це складний конструкційний елемент, призначений для роботи в умовах великих швидкостей та значних механічних та температурних навантажень. Дослідна експлуатація полягає в експлуатації авіаційних шин згідно до діючої експлуатаційної документації, з фіксуванням зазначених параметрів, тобто літак не повинен виконувати випробувальні польоти, а літати згідно програми льотної підготовки.

У контексті відсутності власного виробництва особливого значення набуває системний підхід до тестування імпортованих шин, що дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити довгострокову експлуатаційну придатність обраних моделей.

ОСНАЩЕННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ СУЧАСНИМИ БОЄПРИПАСАМИ РІЗНОГО ТИПУ

*М.О. Слюсаренко, к.т.н., ст.д.; С.Б. Попков
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Широкомасштабна війна РФ проти України продемонструвала суттєве зростання ролі і місця безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у веденні бойових дій. Такі літальні апарати стали невід'ємною частиною сучасного армійського арсеналу, здатними впливати на хід операцій (бойових дій). У цьому контексті актуальними стають питання оснащення ударних (розвідувально-ударних) БпЛА боєприпасами різного типу.

До переліку БпЛА, які використовують боєприпаси різного типу в ході широкомасштабної війни РФ проти України, у тому числі, належать і БпЛА мультикоптерного типу. При цьому БпЛА багаторазового застосування використовують боєприпаси по визначених цілях способом скидання, а БпЛА разового застосування містять вбудовані (або підвісні) бойові частини різного типу, що перетворює їх на баражуючі боєприпаси, що здатні уражати наземні цілі прямим влученням в них або за допомогою підриву у безпосередній близькості від них.

Водночас, більшість із зазначених боєприпасів для БпЛА не є виробами промислового виробництва і виготовляються здебільшого ручним ("кустарним") переробленням наявних мін та снарядів, призначених для використання у складі озброєння іншого типу. Вочевидь, такий підхід до виготовлення боєприпасів негативно відбивається на їх аеродинамічних характеристиках, точності влучення у ціль та зрештою не забезпечує потрібну ефективність застосування ударних БпЛА. Зокрема, за досвідом застосування БпЛА у широкомасштабній війні РФ проти України відомо, що як боєприпаси

для БпЛА широко використовуються перероблені для скидання постріли від ручних протитанкових гранатометів.

Зазначене вище зумовлює важливість завдання щодо оснащення БпЛА сучасними боеприпасами з метою забезпечення ефективного вогневого впливу на противника з урахуванням особливостей ведення збройної боротьби.

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВІТРЯНИХ ГВИНТІВ ДЛЯ ВЕЛИКИХ ШВИДКОСЕЙ ПОЛЬОТУ

*А.А. Кошель, д.т.н., проф.; М.М. Мітрахович
Державне підприємство "Івченко-Прогрес"*

Сучасний повітряний гвинт має ККД до 82...86%, що є привабливим за економічністю, порівняно з турбореактивними двигунами, для його застосування на високих дозвукових швидкостях польоту до $M=0,9$.

Разом з тим, повітряний гвинт має суттєві обмеження конструктивного і експлуатаційного характеру щодо застосування на високих дозвукових швидкостях польоту. Основними з яких є "ефект запирання" і значний рівень акустичного випромінювання.

У доповіді надано особливості удосконаленої методики розрахунку характеристик повітряного гвинта, з використанням характеристик перерізів лопатей повітряного гвинта при надзвукових швидкостях.

Ключовими особливостями методики є те, що не враховується підсмоктування потоку і замість використання поняття гранична швидкість, використовується поняття оптимального кута притікання струменів.

Такий підхід дозволяє розраховувати ККД високошвидкісного повітряного гвинта, що визначається двома параметрами: кутом притікання струменів, до відповідного профілю перерізу лопаті та аеродинамічною якістю профілю перерізу.

При цьому вибір оптимального кута притікання струменів призводить до суттєвої зміни геометричних параметрів повітряного гвинта, а збільшення частоти його обертання призводить до того, що все перерізи лопаті працюють в надзвуковому режимі і діаметр повітряного гвинта, потрібний для поглинання заданої потужності, зменшується.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ТРДД З НАДВИСОКИМ СТУПЕНЕМ ДВОКОНТУРНОСТІ

*Д.О. Плакущий, д.т.н., проф.; М.М. Мітрахович
Державне підприємство "Івченко-Прогрес"*

Використання ТРДД з надвисоким ступенем двоконтурності є актуальним напрямом підвищення ефективності силової установки літального апарату на високих дозвукових швидкостях польоту.

Паливна ефективність ТРДД залежить від параметрів робочого процесу двигуна (температура газу перед турбіною та ступень підвищення тиску в компресорі) і ступеня двоконтурності.

Оптимальний розподіл енергії між контурами ТРДД при незмінних зовнішніх умовах та параметрах робочого процесу, при підвищенні ступеня двоконтурності, призводить до збільшення польотного ККД.

Разом з тим, підвищення ступеня двоконтурності призводить до зростання гідравлічних втрат у зовнішньому контурі ТРДД. Тобто підвищення ступеня двоконтурності ТРДД створює умови, при яких ККД рушія має максимум або питома витрата палива має мінімум.

Підвищення ступеня двоконтурності також впливає на збільшення міделю мотогодоли двигуна, що збільшує його аеродинамічний опір.

З урахуванням цих положень та впливу дальності польоту на оптимальне значення ступеня двоконтурності задача оптимізації ступеня двоконтурності ТРДД вирішується шляхом врахування впливу зміни питомої роботи циклу (через основні параметри робочого процесу), втрат в зовнішньому контурі двигуна, втрат від впливу зовнішнього аеродинамічного опору двигуна і дальності польоту літального апарату для забезпечення мінімізації питомої витрати палива.

ВИЯВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ДЕФЕКТІВ ЛІТАКІВ ВИХРОСТРУМОВИМ МЕТОДОМ

В.М. Учанін, д.т.н., с.н.с.

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка
Національної академії наук України*

У Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка розроблено низку ефективних технологій виявлення прихованих дефектів експлуатаційного походження у вузлах авіаційної техніки.

Створено височастотні дефектоскопи для виявлення поверхневих дефектів авіаційних конструкцій та двигунів, у тому числі через шар лакофарбового покриття товщиною до 0,5 мм.

Розроблено низькочастотні вихрострумові перетворювачі (ВСП) подвійного диференціювання (діапазон робочих частот від 0,2 до 1,0 МГц). ВСП мають високу глибину контролю та чутливість до підповерхневих дефектів, таких як втомні тріщини або локальні корозійні виразки. ВСП використано для вирішення актуальних задач дефектоскопії, зокрема:

1) виявленням підповерхневих дефектів у багатошарових вузлах, зокрема, на зворотній стороні обшивки;

2) виявленням втомних тріщин у внутрішніх шарах багатошарових вузлів поблизу заклепок з алюмінієвого сплаву або феромагнітної сталі;

3) виявлення втомних тріщин через діелектричне покриття або герметик товщиною до 8-10 мм;

4) виявлення тріщин через ремонтні накладки, виготовлені з алюмінієвого сплаву або вуглепластику;

5) виявлення локальних корозійних пошкоджень на зворотному боці обшивки;

6) виявлення тріщин у феромагнітних компонентах (шасі, рейки тощо).

Запропоновані технології створюють можливість для виявлення пошкоджень критичних вузлів без їх розбирання. Розроблені технології дефектоскопії використовуються на ДП АНТОНОВ, МОТОР-СІЧ, ДП Івченко-прогрес, фірмі Леонардо (Італія), авіаремонтних заводах (Львів, Луцк, Конотоп) тощо.

МОДЕЛЬ АЕРОТЕРМОГАЗОДИНАМІКИ НАДЗВУКОВИХ І ГІПЕРЗВУКОВИХ ВХІДНИХ ПРИСТРОЇВ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*А.О. Хорохордін, д.т.н., проф.; М.М. Мітрахович
Державне підприємство "Івченко-Прогрес"*

Розробка математичних моделей аеротермогазодинаміки надзвуків, і особливо гіперзвуків, вхідних пристроїв, що враховують зміну коефіцієнта адиабати при підвищенні температури повітря є дуже важливим, бо суттєво впливає на точність результатів моделювання (при $M = 4$ похибка складає до 30%).

У доповіді надано результати розробки математичної моделі, що враховує вплив температури навколишнього середовища на коефіцієнт адиабати.

При збільшенні температури повітря питома теплоємність є функцією температури, оскільки в повітрі відбуваються хімічні реакції і починають збільшуватися міжмолекулярні сили взаємодії. При цьому зменшується густина повітря, що призводить до збільшення довжини вільного пробігу молекул, яка може стати сумірною, а потім перевершити розміри тіла, що обтікається. Тобто зміна властивостей повітря при значному збільшенні температурі впливає на збудження внутрішніх ступенів свободи молекул, дисоціацію газів, що входять до складу повітря, хімічні реакції, іонізацію, дифузію і термодифузію при значній зміні в'язкості і теплопровідності робочого тіла.

З використанням результатів експериментальних досліджень термодинамічних властивостей повітря при високих температурах (від 500 К до 15000 К) отримана залежність коефіцієнта адиабати від температури повітря, що задовільно апроксимується поліномом функції і може бути використана для підвищення точності математичного моделювання параметрів та характеристик вхідних пристроїв силових установок.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИСОКОТОЧНИХ СНАРЯДІВ

*Д.В. Савчук
Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Аналіз застосування артилерії у війні України проти росії та воєнних конфліктів останніх десятиліть свідчить про те, що стійкою тенденцією розвитку збройної боротьби є підвищення ролі високоточної зброї, яка дозволяє здійснювати ефективне дальнє вибіркове ураження найбільш важливих об'єктів противника.

У той же час основу боєкомплекту артилерійських систем становлять переважно некеровані снаряди в осколково-фугасному спорядженні. Їх основними недоліками застосування є: велика витрата при ураженні групових цілей, що призводить до значного часу виконання вогневого завдання, а як наслідок – зменшення живучості артилерійських підрозділів.

Тому виникає необхідність у розробленні, прийнятті на озброєння та включенні до складу артилерійських систем сучасних високоточних артилерійських снарядів, що дозволить значно підвищити ефективність вогневого ураження противника, зменшити витрату снарядів під час ураження малорозмірних цілей та зменшити час виконання вогневого завдання.

На даний час відомі високоточні снаряди трьох поколінь, а саме:

- снаряди, що використовують напівактивне лазерне самонаведення з підсвічуванням цілі лазерним цілепоказчиком-далекоміром;
- снаряди, оснащені активною радіолокаційною головкою самонаведення міліметрового діапазону або пасивною інфрачервоною головкою самонаведення;
- снаряди, що використовують для наведення та корекції траєкторії дані космічної радіонавігаційної системи.

Таким чином, можна зробити висновки, що розроблення сучасних високоточних снарядів є актуальним і перспективним.

ПІДХОДИ ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЗРАЗКА ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

М.П. Столяренко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Вартість життєвого циклу зразка озброєння та військової техніки (далі ОВТ) – сумарні витрати трудових, матеріальних і фінансових ресурсів в їх грошовому вираженні, пов'язані з реалізацією життєвого циклу зразка ОВТ.

З метою оптимізації затрат на розроблення (придбання) і експлуатацію зразків ОВТ, а також вибору з них найбільш економічно доцільного варіанту є нагальна потреба в розробленні або удосконаленні існуючої методики обґрунтування вартості їх життєвого циклу.

Обґрунтування вартості може проводитися як для всього життєвого циклу зразка ОВТ, так і для окремих його стадій (етапів), а також для різних часових інтервалів життєвого циклу.

Враховуючи особливості витрат на відповідних стадіях життєвого циклу зразка ОВТ, обґрунтування вартості його життєвого циклу доцільно здійснювати на підставі комплексної методики, яка включає ряд часткових методик, а саме методик обґрунтування вартості: розроблення оперативно-тактичних (тактико-технічних) вимог до зразка; виконання НДДКР; закупівлі зразка ОВТ закордонного виробництва; серійного виробництва зразка ОВТ; експлуатації та капітального ремонту зразка ОВТ; утилізації зразка ОВТ.

Вхідними даними для розроблення зазначеної комплексної методики є: показники та критерії відповідних етапів життєвого циклу зразка ОВТ; конструкторська, експлуатаційна та ремонтна документація на зразок; облікова документація зразків ОВТ, що експлуатуються (формуляри, картки обліку тощо); нормативи витрати ресурсів; вартість зразка-аналога; дані про результати експлуатації аналогів; тендерні матеріали тощо.

ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ АГРЕГАТІВ МОДИФІКУВАННЯМ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЕПІЛАМАМИ

Р.В. Семенюк; М.Ф. Білий

Національний університет оборони України

В доповіді наведено результати досліджень з обґрунтування можливості використання технологій епіламування, як сучасного засобу відновлення експлуатаційних показників міцності поверхневого шару силових елементів

авіаційної та автомобільної техніки під час тривалої експлуатації. Проведені на теперішній час дослідження показали, що епіламування дозволяє суттєво підвищити втомну міцність і зносостійкість сполучених деталей і, як наслідок, поліпшити динаміку роботи різного технологічного устаткування, а також силових елементів транспортних засобів. Однак через низьку робочу температуру (150...160)°С їх застосовують в основному у приладобудівному виробництві для зниження тертя й утримання змащення в контактній зоні, а також для додання деяким матеріалам гідрофобних і інших специфічних властивостей. У дослідженнях вперше було використано епіламування для підвищення зносостійкості силових елементів трибосистем авіаційної та автомобільної техніки. Така обробка має ряд переваг у порівнянні з іншими технологіями в цій галузі. Знос при тривалій експлуатації силових елементів техніки має втомну природу, тому цілком обумовленим є використання епіламування для підвищення втомної міцності силових елементів техніки. При нанесенні епіламу на поверхню твердого тіла, на ньому утворюється тонкий шар молекул, орієнтованих спеціальним чином, що дозволяє надати поверхні антифрикційні, антиадгезійні, гідрофобні і деякі інші специфічні властивості. Серед механізмів позитивного впливу на поверхню трибосистеми можна виділити наступні: зменшується поверхнева енергія матеріалу (приблизно в 1000...10000 разів). Мікропори й мікротріщини позбавляються можливості концентрувати напруги й перестають бути потенційними центрами руйнування; захист поверхні від впливу вологи й агресивних речовин, присутніх у мастильному середовищі трибосистеми.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

О.В. Карпенко

Державний науково-дослідний інститут авіації

У умовах реформування сектору безпеки та оборони України, впровадження сучасних методів управління та оновлення ключових і функціональних політик нової моделі Системи інтегрованої оборони, зокрема військово-технічної політики, ключовою складовою є спрямованість оборонного планування на розвиток всіх базових складових спроможностей, а саме підвищення потенціалу системи.

Питання вибору оптимального варіанту розвитку озброєння та військової техніки та шляхів їх реалізації завжди були, є і будуть актуальними та дискусійними. Отже, дослідження ефективного потенціалу авіаційної техніки (АТ) державної авіації України сприяють визначенню оптимальних напрямків розвитку та модернізації авіаційної складової сил оборони держави та здійснюють підтримку прийняття управлінських рішень.

Ефективний потенціал АТ державної авіації – це комплексна характеристика, яка відображає рівень відповідності наявного парку АТ умовам сьогодення, а також викликам та загрозам прогнозованого майбутнього. Він охоплює як тактико-технічні характеристики, так і експлуатаційні, організаційні, техніко-економічні та інші фактори, аналіз стадій життєвого циклу, підготовку персоналу тощо.

Розробка методики визначення ефективного потенціалу АТ державної авіації дозволить розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо вибору оптимальних варіантів розвитку та може бути використана на будь-якому етапі розроблення програмних і планових документів щодо розвитку ОБТ.

ЗАХИСТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ПІД ЧАС ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ

В.Я. Мірошніченко; Т.Ю. Куровська

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Іноземна матеріально-технічна допомога Україні та її Збройним Силам від партнерів відіграє ключову роль у протистоянні російській агресії.

Озброєння, військова техніка у більшості своїй є досить складним і високотехнологічним продуктом. Літаки F-16 та ракети Storm Shadow/SCALP EG говорять багато про що.

Передаючи у використання таку техніку і озброєння партнери фактично здійснюють трансфер технологій.

Високотехнологічна техніка та озброєння завжди містять в собі запатентовану на міжнародному рівні інтелектуальну власність.

Україна на себе відповідні зобов'язання щодо охорони та нерозповсюдження такої інтелектуальної власності.

Практика показує, що не всі партнери готові ділитися своїми розробками. Адже на це є декотрі причини. Як правило офіційно наголошуються на певних політичних аспектах.

Але серед причин, що спонукають партнерів утримуватись від передачі такої техніки та озброєння (на ній не акцентують увагу) є передача надзвичайно технологічної техніки та озброєння, яка містить інтелектуальну власність закритого характеру та якою вони не хочуть ділитися або недовіряють можливості забезпечити її охорону та захист.

Практика показує, що Україна робить усе можливе для забезпечення надійної охорони і захисту переданої їй інтелектуальної власності. Згадуємо процес отримання Збройними Силами України літаків F-16.

При здійсненні ремонту чи можливої модернізації зразка техніки завжди необхідно враховувати міжнародні зобов'язання щодо переданої інтелектуальної власності.

СЕКЦІЯ 5

КОМПЛЕКСИ І СИСТЕМИ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН, БПАК ТА АВІАЦІЙНЕ ОЗБРОЄННЯ

Керівники секції: полковник Шелякін О.М.;
к.т.н. доц. полковник Барсуков О.М.
Секретар секції: майор Матвєєв Є.В.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE COMMAND SIGNAL BLOCK OF THE FUEL MEASUREMENT AND FLOW SYSTEM STR-7-2 OF THE Su-27 FIGHTER JET TO ENHANCE THE RELIABILITY AND ACCURACY OF FUEL QUANTITY AND RESERVE DETERMINATION

O. Shelyakin¹; Y. Georgiev²; A. Sikorskyi²

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Ensuring precise control over fuel quantity and consumption in combat aircraft is a crucial aspect of their effective operation and mission performance. The fuel measurement and flow system (FMS) STR-7-2, installed on Su-27 aircraft, plays a vital role in fuel level monitoring and optimization of its usage. However, existing limitations related to measurement inaccuracies, outdated signal processing algorithms, and the lack of efficient self-diagnostics can lead to errors in determining the remaining fuel on board, which, in turn, affects flight safety and operational readiness of aviation units.

This study focuses on identifying key issues in the operation of the STR-7-2 command signal block and developing proposals for their resolution. The proposed approaches include upgrading the sensor base, improving signal processing algorithms, and implementing advanced diagnostic techniques. The conducted analysis has demonstrated that the use of enhanced methods significantly reduces measurement errors, increases system stability under dynamic flight conditions, and ensures effective fuel resource management.

The obtained results are of significant importance for improving the reliability of the STR-7-2 FMS and optimizing its functionality, which will contribute to enhancing the operational characteristics of the Su-27 aircraft. The proposed measures will substantially improve the accuracy of fuel reserve monitoring, thereby reducing the risk of emergency situations and increasing the combat readiness of the Air Force of Ukraine. percentage of cases, ice formation may be allowed for a time sufficient to allow the UAV to leave the icing zone.

JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS FOR THE PROSPECTIVE ONBOARD RADAR OF A FIGHTER AIRCRAFT

*K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor; I. Kazmirov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern air combat, the main system for detecting, recognizing, and tracking targets is the onboard radar system. For an aircraft to successfully execute a combat mission, the onboard radar must meet certain requirements and have up-to-date parameters and functionality.

Modern onboard radar systems of fighter aircraft in the leading countries of the world, as well as their advantages and disadvantages, are considered. The main parameters of both existing and promising onboard radars are analyzed: target detection range with a specified radar cross-section, LPI (Low Probability of Intercept) technology, limits of the field of vision in elevation angle and azimuth, coordinate measurement accuracy and the presence of phased antenna arrays.

It has been established that parameters such as the detection range and the limits of the vision zone are not decisive for the effectiveness of the radar, especially during the operation of enemy's electronic warfare. For example, modern onboard radar AN/APG-77 of the F-22 aircraft, due to the use of LPI technology, complicates the detection and identification of its operation. It is important that similar radars with a digital signal processor and phased antenna arrays can be programmed and, by improving the code, increase the performance of the radar without replacing its components.

As a result of the analysis of works on this topic, it was determined that the concept of cognitive onboard radars is promising, which, in turn, is the evolution of radars with LPI. It opens up new opportunities for adaptive radar control and the use of neural networks and machine learning.

Thus, the report justifies the requirements and defines the necessary parameters that a prospective onboard radar of a fighter aircraft should meet.

DEVELOPMENT OF A TRAINING SIMULATION MODEL OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF A MULTIROLE AIRCRAFT

O. Shelyakin¹; Y. Georgiev²; T. Kupriienko²

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In a time when the Armed Forces of Ukraine are carrying out critically important tasks to protect national sovereignty, the Air Force units must maintain a high level of combat readiness and ensure the effective deployment of aviation technology. The reliability of a multirole aircraft's power supply system is a key factor in the successful execution of combat missions, as it supports the operation of all vital onboard systems, including navigation, communication, targeting, and weapons control.

Modern warfare requires rapid responses to technical malfunctions that arise due to the intensive operation of aircraft and the impact of combat damage. Implementing a training simulation model of the power supply system will significantly enhance the preparedness of engineering personnel, allowing them to practice diagnostic and troubleshooting methods in realistic conditions without posing risks to actual equipment.

The relevance of this development is driven by the need to improve the reliability of aviation power systems, optimize the training process for technical specialists, and minimize aircraft recovery time. The use of simulation technologies will contribute to enhancing the effectiveness of combat aviation operations within the Ukrainian Air Force, which is critically important in the current wartime environment.

**INVESTIGATION OF ALTERNATIVE WAYS TO DETERMINE
THE LOCATION OF A FIGHTER AIRCRAFT IN CONDITIONS
OF INTENSE JAMMING**

*O. Barsukov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
D. Sokolova; V. Kudryashova; V. Strubchevskiy, V. Zynchenko
Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Experience in the russian-Ukrainian war has shown that aviation plays a key role. Undoubtedly, for the successful completion of a combat mission and a higher probability of aircraft safety, there is a need to improve the reliable operation of instruments. At present, one of the main challenges is to ensure that the aircraft's location is determined during flight in conditions of radio silence and intense enemy jamming.

This report considers an alternative way to determine the location of an aircraft in conditions of intense jamming. We propose a way to increase jamming resistance using the Swedish GNSS Market (Global Navigation Satellite System) or the EGI-M (Embedded GPS inertial navigation system) GPS module (Global Positioning System) manufactured by Northrop Grumman, USA. This module can operate in two modes: online and offline. In the offline mode, a storage device is used to store: terrain maps, a given route and the distance travelled by the aircraft, additionally, it provides capabilities to read the speed, pitch and roll of the aircraft.

Thus, in the course of the considered alternative way of determining the aircraft's location, the pilot will not lose the location and the set direction of the fighter in the event of intense jamming, which will ensure the success of the combat mission.

**ON THE DEVELOPMENT OF AN IMPROVED QUALIMETRIC MODEL
FOR ASSESSING THE COMBAT CHARACTERISTICS
OF A PROSPECTIVE ATTACK HELICOPTER
FOR ARMY AVIATION NEEDS**

*O. Leontiev, Doctor of Technical Sciences, Professor;
A. Dmytriev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
M. Sheremet; V. Popov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The need for modern "express methods" to assess the combat characteristics of attack helicopters remains highly relevant during the rearmament of the army aviation helicopter fleet. The use of an improved qualimetric model for evaluating the combat characteristics of an attack helicopter will enable comparative assessments of relevant weapon and military equipment samples at the early stages of the decision-making process. The significance of this tool is determined by the need to consider modern trends in the advancement and increasing technological sophistication of aviation weapon systems, the expanding range of helicopter applications, and associated economic constraints.

Dependencies that describe the connection between technical characteristics and combat effectiveness indicators are derived using regression analysis methods. This means that the connection between variables can be quantitatively expressed as a specific combination of these variables.

To enhance the accuracy of the improved approximating model, it is necessary to reduce the examined factor space by eliminating insignificant factors or folding them, as well as excluding variations with identical technical characteristic values. The goal is to obtain results that more accurately reflect the connections between parameters, facilitating the further development of an improved qualimetric model for assessing combat characteristics.

STUDY OF THE CHOICE OF DESIGN CONDITIONS DURING DESIGN OF DE-ICING SYSTEMS

*A. Krasnorutskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Y. Vyshnivskiy; V. Matvieieva; D. Bobrivnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of unmanned aerial vehicles in modern military operations is becoming increasingly important, as these vehicles provide a high level of mobility and strike accuracy. Due to their use in various climatic conditions, the issue of icing and effective protection against it is of particular importance.

There are basic meteorological characteristics, such as temperature, water content, and droplet size, that a designer must deal with when designing de-icing systems for unmanned aerial vehicles. When selecting their design values, the primary consideration is flight safety in icing conditions. This takes into account the probability or recurrence of certain weather conditions. It should be borne in mind that if you use meteorological data, in which temperature and water content are usually considered separately, the probability of their joint occurrence in the clouds is obviously equal to the product of their probabilities. In addition, the probability of encountering more severe conditions than the calculated ones is of great importance for assessing flight safety.

When designing de-icing systems for power plants, water content values that are 1.7 times higher are used as design values. These requirements provide a higher degree of engine protection against icing. In practice, protection is provided in all meteorological flight conditions.

STRUCTURE OF A UNIFIED TEST STAND FOR AVIATION EQUIPMENT CONTROL

*O. Zienovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Samus; S. Yurchuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Control of the technical condition of aviation equipment is one of the main types of work during their technical operation and is carried out at all stages of aircraft preparation for flights, in the process of performing routine work and repairs.

Existing means of elemental and complex control are outdated, the verification process is not automated, which requires a lot of time to carry out work and does not have the ability to accumulate information about the state of control objects. Existing automated means of control reduce the verification time, allow you to accumulate information, but are not unified and are not suitable for checking various equipment.

The structure of a unified test stand is proposed, consisting of sources of influence on the tested device (power sources and load), means of measuring the results of these influences, switching equipment and a personal computer.

The problem of unification is solved both hardware and software using a set of verification algorithms for various elements of aviation equipment.

The task of test automation is solved with a high degree of reliability of results and with high accuracy using a personal computer equipped with interaction bodies with the operator, sensors and actuators. Along with diagnostics, the task of predicting the technical condition of the system can also be solved, which will allow moving to a more progressive method of operation – operation by condition.

WAYS TO IMPROVE VOLTAGE REGULATORS OF AVIATION GENERATORS

*O. Zienovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Hrytsiuk; O. Kolesnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

For normal operation of aircraft equipment, the voltage of aviation generators must vary within specified limits regardless of the flight mode and the magnitude and nature of the electrical load. Therefore, aviation generators work together with voltage regulators, which provide stabilization of the voltage of generators by changing the magnetic flux of the electric machine. Currently, voltage regulators of different operating principles are used on airplanes and helicopters of the Air Force aviation, which are proportional-integral-differential regulators (PID-regulators). But these regulators cannot always provide consumers with electricity of the required quality, because the dynamic properties of the generator as a control object significantly depend on the operating mode.

An analysis of modern methods of voltage stabilization by introducing adaptive, intelligent and robust regulators into power supply systems has been carried out.

Virtual models of a generator with a PID-voltage regulator; a self-tuning PID-regulator; an adaptive regulator with a reference model have been developed in the MATLAB environment. The study of the characteristics of the quality of electricity under the influence of various disturbances has been carried out. The results of the study show that the use of adaptive voltage regulators allows maintaining the voltage at the generator output with significant changes in the rotation frequency and load. In addition, the characteristics of transient processes are improved.

WAYS TO IMPROVE AVIATION RECTIFIER DEVICES

*O. Zienovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
T. Naida; M. Zavoritnii
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

On aircraft and helicopters of the Air Force, unregulated rectifier devices of the VU-6A and VU-6B types are used as the main secondary sources of direct current. When the supply voltage, frequency, and load change, the output voltage of the rectifier devices fluctuates significantly. To stabilize the voltage, special voltage regulators must be used.

An analysis of voltage stabilization methods for rectifier devices was conducted, including the use of saturation chokes, controlled rectifiers, pulse voltage stabilizers,

and double energy conversion circuits. Based on this analysis, it was concluded that for the modernization of the VU-6A and VU-6B, it is advisable to apply a pulse voltage stabilizer while retaining the low-frequency transformer and replacing semiconductor components with modern ones.

A virtual model of the rectifier device with a pulse voltage stabilizer was developed in the MATLAB environment, and a study of the power quality characteristics was conducted. The research results indicate that when the supply voltage, frequency, and load change within operational limits, the output voltage of the stabilized rectifier device remains unchanged. Additionally, voltage ripple is reduced, and its harmonic composition is improved.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES FOR INCREASING THE AUTONOMY OF UAV NAVIGATION

*O. Klimishen, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Bovkun; A. Martynenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The navigation system of unmanned aerial vehicles is a key element for accurately determining their position in space. Autonomous navigation systems allow flights even in areas where satellite communication is blocked by electronic warfare. It is the level of autonomy of these systems that determines the effectiveness and combat stability of UAVs in the conditions of a modern conflict with an aggressor.

Operation in autonomous mode ensures flight stability in difficult conditions, allowing the UAV to perform tasks even in the absence of external navigation signals. This is especially important for reconnaissance and reconnaissance-strike UAVs, where reliability and accuracy are critical.

To increase the efficiency of autonomous navigation, the use of modern methods for correcting the main navigation parameter meters is proposed. An example of an algorithm for joint processing of data from inertial meters and a technical vision system is also given. This will significantly expand the capabilities of UAVs, making them less vulnerable to electronic interference.

A separate issue in the report is the assessment of the possibility of using such navigation technologies as VBN (visual navigation system) and MAGNAV (magnetic anomaly navigation technology).

A modern autonomous navigation system is the key to the effective use of UAVs in the current trend of warfare.

IMPROVING METHODS OF DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF AIRCRAFT SYNCHRONOUS GENERATORS

*O. Klimishen, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; I.-A. Barchyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aircraft synchronous generators are key elements of aircraft electrical systems, providing stable power supply to onboard systems. The reliability and efficiency of their operation largely depends on timely and accurate diagnostics of their technical condition.

Diagnostic methods for aircraft synchronous generators include vibration analysis, spectral analysis of currents and voltages, thermal monitoring, and

mathematical modeling. However, current approaches need to be improved to increase the accuracy of defect detection, reduce diagnostic time, and introduce automated monitoring tools.

A possible area of improvement is the use of machine learning to recognize typical failures and predict the state of generators. The use of multi-parameter control, which combines traditional methods with algorithms for processing large data sets, is also promising.

The integration of the latest diagnostic methods into modern maintenance systems will help improve the operational reliability of aircraft.

CREATION OF A COMBAT UNMANNED AERIAL VEHICLE OF THE AIRCRAFT TYPE

*A. Krasnorutskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
D. Vasiekin; O. Kurman
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

For the effective execution of combat missions, unmanned aerial vehicle (UAV) units require a significant number of various UAVs, including those provided by partner countries. However, this creates a challenge in training professional operators, as each new system requires retraining courses. Another issue is the high cost of such UAVs.

Given this, the Armed Forces of Ukraine, particularly unmanned aviation units, require mass production of a modern combat UAV that, in terms of its characteristics, will not be inferior to foreign counterparts but will be significantly cheaper and easier to operate.

The analysis of UAVs in modern combat conditions confirms the necessity of creating a first-class combat UAV of the aircraft type with appropriate characteristics.

During the study, a model of such an unmanned aerial vehicle was developed, taking into account the current battlefield requirements. Experimental research was conducted on its characteristics and parameters under various conditions that may arise during combat missions.

The research results indicate that the use of a first-class combat UAV of the aircraft type allows for the execution of a wide range of combat missions. Moreover, its low cost and ease of operation provide a significant advantage over existing counterparts, while its simple manufacturing process enables rapid mass production.

DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE CONTROL APPARATUS OF A DC GENERATOR FOR A LIGHT CARGO AIRCRAFT

*V. Khlopiachyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Shkabura; O. Haliopa
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern aviation, electronic voltage regulators are predominantly used to regulate the voltage of DC generators.

Despite the obvious advantages of electronic voltage regulators, carbon voltage regulators continue to be used in aviation due to their simplicity and reliability, ease of maintenance, lack of additional power supply requirements, interchangeability, and long service life.

Carbon voltage regulators are used in older-generation aircraft, where transitioning to electronic counterparts is complex and costly.

The main failures of carbon voltage regulators are usually associated with wear or sintering of carbon pucks, mechanical wear, or deterioration of contacts. To extend their service life, it is important to periodically inspect, clean, and replace worn components.

An analysis of the technical condition of a carbon voltage regulator without dismantling it from the aircraft is advisable to conduct based on objective control results after engine testing, adding not only changes in engine speed but also the activation of high-power DC consumers to the test program. Analyzing transient voltage changes on the emergency bus will allow for conclusions regarding the need for more in-depth diagnostics of the carbon regulator in laboratory conditions.

For laboratory diagnostics of a carbon voltage regulator, in addition to the PPUR-42 test panel specified by the technology, it is considered appropriate to use digital oscilloscopes and signal analyzers to record the dynamic processes of generator voltage regulation, as well as automated test stands with microprocessor control to ensure precise measurement of voltage recovery time, analysis of the regulator's temperature stability, and detection of uneven wear of carbon pucks.

MASSIVE USE OF DECOY DRONES AND COUNTERMEASURES AGAINST SUCH DRONES

*A. Korniienko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
Y. Skoryi, Candidate of Technical Sciences; R. Liashchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the full-scale invasion in 2022, the Russian aggressor troops have been using decoy drones to breach Ukrainian air defenses.

Since the summer of 2024, there has been an increase in the number of decoy drones of the "Gerbera" and "Parodiya" types by the enemy. This is due to the establishment of their mass production.

A new threat to the Defense Forces of Ukraine has been the installation of high-explosive fragmentation warheads on Gerber-type decoy drones, which is happening more and more often.

However, the biggest threat is posed by thermobaric warheads, the installation of which on decoy drones is provided for by a plan called Operation False Target, the purpose of which is the massive joint launch of unarmed and armed decoy drones with various warheads. Thermobaric warheads of unmanned aerial vehicles (UAVs) are the most destructive when they hit buildings and structures. Mass production of such decoy drones, along with the well-known Shahed UAV, which can also carry a thermobaric warhead, is taking place at a factory in the Russian special economic zone Alabuga.

Since the end of 2024, more than half of the drones used by the enemy over the territory of Ukraine are decoy drones, of which up to 5% have a thermobaric warhead.

Therefore, due to the uncertainty regarding the target detected by radar systems (whether it is armed or not), the Ukrainian air defense faces a difficult task of allocating limited resources to destroy the enemy with firepower or electronic warfare means.

The report provides the features of the construction, tactical and technical characteristics of well-known decoy drones, options for their equipment and suggests ways to counter them.

DIFFERENCES OF DIGITAL SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL AND MONITORING OF AVIATION ENGINE OPERATION

S. Kochuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. Martynenko; A. Bovkun

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern aircraft (aircraft) are increasingly using digital automatic control systems (ACS) and aircraft engine (AE) control systems.

Previously, MiG-29 aircraft used analog engine control systems. However, analog systems have a number of disadvantages, such as limited accuracy, sensitivity to noise and external influences, and limited functionality.

In contrast to analog systems, digital systems use discrete values of the physical parameters of the aircraft engine. Digital systems have significant advantages over analog systems, such as: higher control and monitoring accuracy, implementation of complex control and monitoring algorithms, easily integrated with other digital aircraft systems, such as the ACS and navigation system.

The introduction of digital systems (ACS and engine control on MiG-29 aircraft made it possible to increase the comprehensive automation and efficiency of AE control, reduce fuel consumption and increase flight range by optimizing engine operating modes, and reduce the probability of failures of AD subsystems due to more accurate control and diagnostics.

Digital ACS and control of the MiG-29 AE are a significant step forward compared to analog systems. They provide more precise and reliable engine control, which contributes to increasing the safety and efficiency of aircraft flights.

APPLICATION OF TRAJECTORY FLIGHT MODES OF A SAC TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF AN AIRCRAFT'S FLIGHT MISSION

S. Kochuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Hryshyna

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Performing flights in trajectory modes requires high-precision control, which is complicated by external factors: atmospheric disturbances (wind gusts, turbulence); dynamic changes in the flight mission (route correction, obstacle avoidance); navigation data errors.

Modern SAC algorithms are not optimal and have certain limitations in terms of speed and control accuracy. Therefore, improving control methods will increase the efficiency of the flight mission and reduce the risk of deviations from the assigned trajectory.

It is proposed to use digital processing of flight data and optimization of SAC algorithms, as well as machine learning methods for adaptive tuning of SAC parameters in real-time mode.

Expected results:

Synthesis of a disturbance compensation algorithm that takes into account both static and dynamic factors (wind gusts).

Improved SAC performance accuracy, which will reduce deviations from the assigned route by 15-20%.

Development of recommendations for the integration of the improved SAC into modern aviation complexes and automated flight control systems.

The results obtained can be used to modernize existing SACs, which will increase the accuracy of the flight mission and reduce the pilot's workload.

DEVELOPMENT OF A PORTABLE RADIO RECEIVER FOR THE AVIATION FREQUENCY RANGE

A. Krasnorutskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

O. Kurman; D. Vasiekin

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In today's warfare, aircraft maintenance is increasingly performed in the field, which greatly complicates the use of large and stationary test equipment. The engineering and technical staff of the Armed Forces of Ukraine faces the problem of quick and efficient inspection of onboard communication equipment, as communication is critical to the successful completion of combat missions.

The development of a modern aviation frequency band receiver is an important step for the Armed Forces of Ukraine and will significantly improve the process of testing onboard radio communication systems in the field.

The device will combine ease of setup and operation, allowing the engineering staff to quickly and efficiently check radio settings, minimizing the possibility of errors. Due to its compact size and light weight, the receiver will be easy to transport, which is especially important when performing tasks in the field. Autonomous power supply from a 12 V power bank will ensure independence from stationary power sources, which is important in conditions of limited access to electricity. Frequency coverage of 118-136 MHz (AM) for aviation radios and 88-108 MHz (FM) will allow you to quickly check the settings at the required frequencies, which will guarantee stable communication.

REQUIREMENTS FOR A COMPACT SUSPENSION CONTAINER OF INDIVIDUAL PROTECTION FOR AIRCRAFT

Y. Retenko; V. Berezanskyi;

O. Berezanskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The study of the development directions for a small-sized suspended individual protection pod for an aircraft is a promising area in the improvement of aviation technology that ensures flight safety. Such a pod will provide protection for the aircraft against guided air-to-air and surface-to-air missiles equipped with infrared and radar homing heads.

The small-sized suspended individual protection pod must meet the following requirements:

- have minimal aerodynamic drag to maintain the aircraft's maneuverability.
- to reduce the pod's weight, it is advisable to use lightweight, heat-resistant materials.
- the countermeasure ejection/dispensing mechanism should have a rotating system for distributing countermeasures in different directions.

– pyrotechnic countermeasures should be of a combined type, including both infrared and radar countermeasures.

– the use of specialized pyrotechnic compositions (containing magnesium, aluminum, and perchlorate components) to create bright heat sources. Radar countermeasures will be in the form of dipole reflectors.

– countermeasure activation and control systems: automated threat detection systems.

– deployment modes: programmable control and manual countermeasure dispensing.

– cartridge diameter: 50 mm.

– the pod must be compatible with various types of aircraft.

Such a pod could become a crucial element in the protection of both fighter aircraft and helicopters, significantly increasing the survivability of aerial vehicles in combat conditions.

CONCEPTUAL BASES OF MIXED AVIATION GROUPS IN THE CONTEXT OF THE JOINT USE OF MANNED AND UNMANNED AVIATION

A. Babych, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;

V. Kryvonos, Candidate of Technical Sciences;

A. Babych, Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor; I. Tupitsya, Ph.D.

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The use of aviation in armed conflicts and wars of the late 20th and early 21st centuries indicates a significant technological breakthrough, which is associated with the emergence of unmanned aircraft systems of various classes and categories, the range of tasks of which is constantly expanding, which allows us to predict the possibility of replacing manned aircraft with more effective ones according to the criterion "costs – results" unmanned aerial vehicles (hereinafter referred to as UAVs). The undeniable advantages of UAVs over manned aircraft are: the remoteness of control operators from combat areas, the possibility of autonomously solving a certain set of tasks without human intervention, relative cheapness. At the same time, as the experience of the Russian-Ukrainian war shows, the losses of UAV operators on the ground, especially operators of unmanned aircraft complexes (hereinafter referred to as UAVs) of the first class, exceed the losses of flight crews, a significant layer of UAVs: quadcopters, FPV drones, cannot autonomously solve tasks if they lose contact with the operator, and the production of UAVs with artificial intelligence, which can independently make decisions about hitting an object, is defined by many countries as a global danger. Along with the trend of maximum reduction in the cost of unmanned aerial vehicles, multi-value projects of strategic strike and reconnaissance UAVs are also known. It is precisely this deeper analysis of the advantages declared by supporters of the unmanned future of aviation that allows us to verify the correctness of the statements that the machine cannot adequately replace the pilot's decision-making ability, intuition or perception and, that Manned aviation will continue to be an important weapon for gaining and developing an advantage in armed conflict. This is confirmed by the multi-billion dollar investments of developed countries in the development of 6th generation manned aircraft. Today, when the use of aviation is defined as a decisive condition for the success of any operation or combat, the approaches of most well-known military experts often consist not so much in how to choose one winning system, but

in how to combine such things as manned and unmanned aircraft and ammunition into a single force that will be much greater than the sum of the forces (capabilities) of the individual components. The prospects of the idea of mixed aviation formations of manned and unmanned aviation, which will allow rational use of the combat capabilities of the components depending on the current or predicted situation, have prompted a number of scientific studies. There are several concepts for the joint use of manned and unmanned aircraft, which have acquired the status of national programs in countries such as the USA, Great Britain, Sweden, and China. The basic methodology of most concepts is artificial intelligence, which allows controlling the actions of mixed tactical aviation groups without human involvement, if the leaders in such formations are unmanned aerial vehicles, and with minimal pilot intervention, if the leaders are manned aircraft.

DEVELOPMENT OF QUANTUM KNOWLEDGE ENGINEERING SOFTWARE TO SUPPORT THE DECISION-MAKING PROCESS IN SPECIAL FLIGHT CASES

*O. Kurenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
O. Tokarev, Candidate of Technical Sciences; O. Bespalko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The increasing complexity and responsibility of decision-making tasks, the increasing cost, uniqueness, and complexity of aviation equipment, creates situations where the pilot and flight controller work at the limits of their intellectual and psychophysiological capabilities.

Existing methods of knowledge-based solutions to such problems require improvement or radical change. In contrast to traditional methods, a knowledge-based approach to the problem of decision-making is developing, which offers the explicit use and manipulation of simple algorithmic structures – knowledge quanta. The concept of building expert decision-making support systems based on the method of approximate multi-level algorithmic knowledge quanta is proposed.

Knowledge engineering is focused on building computer systems whose goal is to extract the knowledge possessed by specialists and use it most effectively in automated decision-making.

An expert decision support system has been developed in an object-oriented environment based on quantum knowledge engineering, which is intended for computer support of approximate identification and forecasting decisions of the flight controller and the pilot for special flight cases. The decision maker is given recommendations on making decisions with the highest probability when solving the recognition problem, or in a majority form when solving the forecast problem.

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF DECOY FLARES IN PASSIVE COUNTERMEASURE SYSTEMS TO ENHANCE AIRCRAFT PROTECTION

*O. Baranik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Toporovska
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of modern military conflicts, particularly the Ukrainian-Russian war, the issue of enhancing aircraft protection against weapon systems has become especially relevant. The increased use of missiles with infrared homing heads (IR

seekers) has necessitated improvements in passive countermeasure systems. One of the most effective countermeasures is decoy flares, designed to generate intense infrared radiation that helps divert missiles from actual targets.

Decoy flares are pyrotechnic devices containing specialized mixtures capable of producing infrared radiation of specific intensity and within a defined spectral range. The primary factors influencing the effectiveness of decoy flares include the chemical composition of the pyrotechnic mixtures, their ability to ignite rapidly, the intensity and duration of the radiation, and the reduction of detectable indicators, such as excessive smoke generation.

The typical chemical composition of modern decoy flares includes magnesium (Mg), polytetrafluoroethylene (C₂F₄, Teflon), and Viton as a binding agent.

Given the increased sensitivity of modern infrared guidance systems, which are capable of distinguishing between the thermal signatures of real and decoy targets, there is a need for continuous improvement in both the chemical composition and the design features of decoy flares. In addition to optimizing the composition of pyrotechnic mixtures, the effectiveness of decoy flares can be enhanced by increasing the number of pyrotechnic cartridges. Thus, the comprehensive advancement of decoy flares is a key factor in ensuring the reliable protection of aircraft in modern combat conditions.

OPTIONS FOR CONSTRUCTING A BATTLEFIELD DRONE DETECTION AND DISTRIBUTION SYSTEM

*A. Babych, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
V. Kryvonos, Candidate of Technical Sciences; O. Eremenko; H. Edelshstein
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The detection and recognition system can function effectively – to obtain the necessary result with possible resource savings, if for each battlefield situation that has developed or is predicted, an adequate variant of its application is determined and justified. A variant as a type of system construction can include a different composition of forces and means and their location (dispersion), the direction of focusing the main efforts, maneuvers of the system components (movement, buildup), methods of coordinating the actions of forces and means. If we understand the situation as a set of conditions and circumstances that create a battlefield, then the conditions and circumstances that can influence the formation of a variant of building a detection and recognition system are the nature of the actions of our troops and enemy troops, possible types of air attack means and tactics of their actions, meteorological conditions, time of day, terrain, etc.

The experience of the Russian-Ukrainian war has shown the effectiveness of an unconventional method of detecting drones before they take off. This method is based on information about possible drone launch sites, which comes from the population, intelligence units, including air reconnaissance groups. Unfortunately, the enemy used this method before us, the traitors provided information about the locations of our UAV calculations, which are subjected to powerful mortar strikes. This method allows you to obtain important information, which can also affect the determination of options for the system's functioning. The condition for its implementation is constant monitoring of intelligence information.

The fluidity of the battlefield environment necessitates maneuvering by the forces and means of the detection and recognition system. Maneuvering

capabilities – an organized change of positions while observing a certain combat order, is implemented precisely by portable means, preparation of calculations for their collapse and deployment in a short time, and the promptness of making the necessary management decisions. An important condition for the mobility of the system is the ability of the means to combine several functions, for example, the function of detecting and determining the location of an air target, detection and identification of the object, detection and auto-tracking.

PRINCIPLES OF BUILDING A POLARIZATION SYSTEM FOR INFRARED RADIATION IMAGE REGISTRATION BASED ON METASURFACES

*V. Yachenok, Candidat of Technical Sciences, Associate Professor; V. Korepanov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Metasurfaces are the subject of significant research and are used in various applications due to their unique ability to manipulate electromagnetic waves at microwave and optical frequencies.

Metasurfaces are two-dimensional structures made from nanomaterials that possess unique electromagnetic properties not found in nature. They are capable of controlling the characteristics of light (amplitude, phase, polarization) at the nanoscale. In the infrared (IR) range, these filters play a key role in spectral-spatial filtering due to their high selectivity and compactness, which surpass traditional optical systems.

When light passes through two metasurfaces, its properties – such as amplitude, phase, and polarization – change. The first surface generates what is called polarized structured light, in which the polarization spatially varies according to a specific pattern. When this polarized light is reflected or passes through an object, the polarization of this structured beam changes. This change is captured and analyzed by the second metasurface to create the final image – in a single shot.

Overall, these principles ensure the creation of systems that can accurately register infrared images, which is particularly important in fields such as scientific research, military, and security applications.

JUSTIFICATION OF THE MAIN TACTICAL-TECHNICAL CHARACTERISTICS OF PROSPECTIVE DETACHABLE HELICOPTER AUTOMATIC TURRETS FOR DESTROYING UAVS

*B. Holovko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Pikalov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The issue of protecting the vital interests of the country during the development of the armed struggle is becoming more and more urgent, especially in the direction of combating unmanned aerial vehicles (UAVs) in the conditions of rapid changes in the tactics of their combat use and the development of technical characteristics.

Unfortunately, the existing directions for the modernization of helicopters do not provide for the development (improvement) of aviation artillery installations, especially in the direction of the use of mobile, automatic turrets, which can negatively affect the safety of flights and the effectiveness of defeating a wide class of UAVs.

Despite this, works are being carried out in Ukraine on the modernization of artillery installations, which involves performing additional calculations on not exceeding the limit values of the strength characteristics of helicopter equipment when moving turrets are placed outside the axis of the construction horizontal plane of the helicopter fuselage. The substantiation of the main characteristics of prospective helicopter automatic turrets was carried out taking into account the analysis of problems related to the detection, recognition and formalization of tactical techniques of a wide class of UAVs, the required modes of operation (firing) of a mobile machine gun (artillery) turret in automatic mode, taking into account the limitations of the regular modes of operation of the helicopter air weapons control system during the combat use of unified helicopter nacelles (GUV) of the GUV-1 type (machine gun variant).

Thus, the presented approach allows, in modern conditions, to improve the existing methodical base for the formation of a rational outline of the removable weapons of helicopters of the Armed Forces of Ukraine during the combat use of mobile automatic turrets.

RESEARCH ON THE METHOD OF MODERNIZING AIRCRAFT DE-ICING SYSTEMS

*R. Drevenchuk; V. Melnyk; Y. Sukhanov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring the safe operation of aircraft in challenging meteorological conditions requires effective de-icing systems. Existing technologies often have limitations in terms of energy efficiency, reliability, and operational costs. Therefore, researching methods for modernizing de-icing systems is highly relevant to enhance their effectiveness and reduce maintenance expenses.

To improve the de-icing system, an innovative method of combined electrothermal and nanocoating protection has been proposed. The system incorporates flexible graphene heating elements that evenly distribute heat across critical areas of the aircraft, along with a special superhydrophobic nanocoating that prevents ice adhesion. This technology significantly reduces energy consumption compared to traditional methods, as it combines both active and passive ice protection.

Research results confirm that implementing the modernized de-icing system significantly improves ice protection efficiency, reduces energy consumption, and enhances aircraft reliability. Furthermore, the proposed technology contributes to lower operational costs and expands aviation capabilities in extreme conditions.

RESEARCH OF WAYS OF IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF TEMPERATURE LIMITATION AND ROTATION CORRECTION OF THE AN-26 TRANSPORTATION AIRCRAFT AIRCRAFT

*O. Tsemma; R. Romashov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The temperature limit and revolution correction system PRT-24 of the AN-26 airplane performs a critical function of controlling and maintaining optimal temperature conditions and correcting engine revolutions. However, like any technical system, it has certain drawbacks that affect its performance and reliability.

The problem with this system is the imperfect design of the URT-24 unit itself and its cooling, which leads to unstable operation and failures at high temperatures, reducing its efficiency.

Almost all failures of the URT-24 unit occur due to overheating and failure of the unit's element base (capacitors).

To improve the system performance, it is proposed to use modern temperature sensors with higher resolution to reduce the system error.

To improve the design of the URT-24 unit, it is proposed to replace electrolytic capacitors with solid-state ones, which will significantly increase the service life and reduce the risk of unit failure due to the drying of the liquid electrolyte of the capacitors. Replacing conventional operational amplifiers with high-speed ones with lower error and using MOSFET or IGBT transistors instead of mechanical relays for faster system control and adding a switching voltage regulator will reduce the unit's heating and power consumption.

These changes will help to improve the performance of the PRT-24 system and the URT-24 unit, making it more accurate, reliable and efficient to use.

MODERN TECHNOLOGIES IN POWER SUPPLY SYSTEMS FOR COMBAT AIRCRAFT FOR AIRSPACE DEFENSE

*R. Drevenchuk; S. Nadolishna; D. Shoris
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The power supply systems of combat aircraft are one of the most critical components of modern aviation technology, as they provide energy to all vital electronic and mechanical systems, from avionics to weapon control systems – all of which require stable electrical power to perform their tasks in the challenging conditions of modern combat.

A modern solution is the use of high-voltage direct current (DC) onboard the aircraft. This allows for powering consumers with reduced current, which in turn enables the use of wires with smaller cross-sections. As a result, the weight of the aircraft is decreased. This solution is employed in many modern Western aviation technology examples, such as the F-22 Raptor, F-35 Lightning II, and etc. Additionally, the use of Li-ion battery, which are also utilized in the latest models of Western aviation technology, ensures greater efficiency and longer service life compared to traditional lead-acid batteries, in the way reducing maintenance and replacement costs.

The latest technologies in the power supply systems of combat aircraft contribute to enhancing their efficiency, reliability and combat capabilities. The integration of new solutions allows for the creation of more modern and adaptive platforms capable of meeting the demands of the contemporary combat environment.

DEVELOPMENT OF A TRAINING SIMULATION MODEL OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF A MULTIROLE AIRCRAFT

*Y. Georgiev; T. Kuprienko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In a time when the Armed Forces of Ukraine are carrying out critically important tasks to protect national sovereignty, the Air Force units must maintain a high level of combat readiness and ensure the effective deployment of aviation

technology. The reliability of a multirole aircraft's power supply system is a key factor in the successful execution of combat missions, as it supports the operation of all vital onboard systems, including navigation, communication, targeting, and weapons control.

Modern warfare requires rapid responses to technical malfunctions that arise due to the intensive operation of aircraft and the impact of combat damage. Implementing a training simulation model of the power supply system will significantly enhance the preparedness of engineering personnel, allowing them to practice diagnostic and troubleshooting methods in realistic conditions without posing risks to actual equipment.

The relevance of this development is driven by the need to improve the reliability of aviation power systems, optimize the training process for technical specialists, and minimize aircraft recovery time. The use of simulation technologies will contribute to enhancing the effectiveness of combat aviation operations within the Ukrainian Air Force, which is critically important in the current wartime environment.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF OBJECTIVE CONTROL OF MODERN BODIES AND UNIFIEDATION OF GROUND PROCESSING SYSTEMS

*Y. Heorhiiev; K. Karlov; E. Vasylenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of existing systems and equipment of modern UAVs allows us to clearly determine their use for creating UAV information systems and take these aspects into account when developing a CQC in accordance with the tasks set and classification by functional purpose.

Studies have shown that in order to form a unified approach to creating a CQC of modern UAVs, it is necessary to establish mandatory technical requirements for registering the maximum possible amount of information about the state of UAV systems and equipment during the flight, as well as for developing software and algorithmic support for automated processing and analysis of the collected data, at the stage of developing the tactical and technical task.

The solution to this problem is possible thanks to the proposed implementation options for the CQ system for UAVs. The introduction of a unified CQC in the Armed Forces of Ukraine will increase the safety of UAV use, and will also provide effective tools for assessing and predicting the technical condition of UAVs, analyzing the performance of the flight task and crew actions.

DEVELOPMENT OF WAYS TO IMPROVE THE AIRBORNE HORIZON DUPLICATOR TO INCREASE THE ACCURACY OF AERODYNAMIC PARAMETERS MEASUREMENT

*R. Vasylenko; V. Matvieieva; D. Bobrivnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern aircraft, which perform a wide range of tasks in a wide range of flight characteristics, require equipment with accurate readings of aerometric parameters. The requirements to the accuracy of piloting, navigation of aircraft and the effectiveness of their combat missions are constantly increasing. In order to improve

safety, redundancy of the main flight parameters is envisaged (for example, the use of an airborne horizon duplicator). This device combines a variometer, an electric turn indicator, and a glide indicator. The disadvantages of the airborne horizon duplicator are the relatively low accuracy of the vertical speed measurement and the correct indication of the roll angle only at a fixed flight speed.

To improve the quality and efficiency of the airborne horizon duplicator, it is necessary to investigate ways to improve it in the areas of increasing the accuracy of determining the vertical speed and providing the ability to determine the roll angle in the full range of aircraft speeds.

Increasing the accuracy of the airborne horizon backup in determining the vertical speed can be achieved by optimal processing of the signals of vertical acceleration and the derivative of the absolute flight altitude.

To develop a model of the universal turn indicator, we approximated the functional dependence of the roll angle on two arguments of the linear flight speed V and the angular rate of turn ω_y , built the corresponding Simulink model, and proved its performance in the full range of flight parameters.

RESEARCH OF OXYGEN EQUIPMENT BY UTILIZING AN OXYGEN GENERATOR

*Y. Georgiev; D. Nesterova; Y. Myroniuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, there is not a single aircraft system that would not require improvement; the requirements for the efficiency, reliability and safety of the operation of aircraft are constantly increasing, especially those of multi-purpose aircraft designed to perform a wide range of tasks. One of the important aspects of crew support is a reliable and continuous supply of oxygen to sustain the crew at high altitudes.

The oxygen system of the multi-purpose aircraft is outdated and has many failures at the beginning of operation. In the conditions of modernization of aviation equipment, an important task is to improve this system in order to increase its autonomy, reliability and reduce operational costs.

To improve and modernize the oxygen system of the aircraft, it is proposed to use an oxygen generator.

The use of an oxygen generator as an alternative to traditional oxygen cylinders is one of the promising directions for improving the oxygen system of a multipurpose aircraft. This approach allows for continuous production of oxygen in flight, reduces the need for maintenance of the oxygen system and reduces the weight of the aircraft, which positively affects its combat characteristics.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE IMPROVEMENT OF THE EXTERNAL LIGHTING EQUIPMENT OF THE MIG-29 FIGHTER AIRCRAFT FOR THE USE OF NIGHT VISION GOGGLES (NVGS)

*Y. Georgiev; M. Holyshev; N. Holysheva
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern military conflicts demonstrate the growing role of aviation in ensuring air superiority and carrying out combat missions at any time of day. The effective use of aircraft in nighttime conditions is becoming particularly relevant, requiring

appropriate modernization of their systems and equipment. Military operations in recent years have highlighted the need to upgrade combat aircraft in accordance with modern operational and technical requirements, particularly for multirole aircraft. One of the key directions for their modernization is the enhancement of lighting equipment to improve navigation, increase the accuracy of combat missions, and reduce visibility during nighttime operations. Achieving these goals requires the implementation of advanced technologies that ensure effective interaction between aircraft and night vision goggles (NVGs).

The adaptation of lighting equipment must take into account combat experience, particularly the need to reduce aircraft visibility in the infrared spectrum and improve NVG image quality. The key areas of improvement include the use of LED or laser light sources, the implementation of special filters, and the optimization of spectral lighting characteristics.

The modernization of lighting equipment for multirole aircraft in response to modern warfare challenges will enhance the effectiveness of nighttime combat sorties, reduce the risk of pilot disorientation, and improve the overall safety of military aviation.

PROPOSALS FOR THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR OPTICAL AND VISUAL INSPECTION OF HIGHLY LOCATED STRUCTURES OF THE AIRCRAFT AIRFRAME

O. Kolomiitsev¹, Doctor of of Technical Sciences, Professor;

V. Komarov², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

V. Pavlii³, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; L. Pavlii³

¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";

²Heroes of Kruty Military Institute of Telecommunication and Information Technologies;

³Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Ensuring the high efficiency of the intended use of aircraft is associated, on the one hand (internal factors), with the normal operation of automated control and regulation systems, digital computers and various elements, components, blocks, products, etc., and, on the other hand (external factors), with the integrity of the structural elements of aircraft for airworthiness.

One of the measures taken by the aviation engineering service to maintain aircraft in good condition is to conduct flaw detection inspection of their structural elements. The purpose of such control is to timely detect cracks, corrosion, and disturbances in the normal position (structural failure) in order to take measures to eliminate the detected defects. Undetected critical and significant defects can lead to the destruction of the aircraft structure during operation.

The report reveals the features of inspection of highly located structures of the airframe. The advantages and disadvantages of the optical-visual method of diagnostic control of aircraft are proved. A method of defectoscopy of the external surfaces of the airframe using UAVs equipped with modern video cameras (visual inspection tools) is proposed. The method will allow to obtain complete reliable information about the technical condition of the airframe structure under control quickly and with minimal labor intensity.

PROPOSALS FOR THE USE OF MACHINE LEARNING TECHNOLOGY TO IMPROVE THE SAFETY OF A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES DURING MONITORING

*O. Kolomiitsev¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;
I. Rudakov¹; A. Biesova¹; A. Berdochnyk²*

¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Improving the system of reliable avoidance of various types of objects is crucial for the operation of autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs) designed to conduct various types of monitoring. At the same time, UAVs use different types of sensors for autonomous navigation. One of the options for avoiding obstacles by using image data as a source of accurate information is a vision system. Computer vision is widely used in robotics and autonomous vehicles.

The rapid development of artificial intelligence opens up new opportunities for the development and use of UAVs. The main categories of artificial intelligence include machine learning, neural networks, and optimization algorithms. Optimization algorithms can be used to solve many tasks related to improving the functionality and efficiency of UAVs in monitoring urban areas.

Thus, the disclosure of the features of the application of machine learning technology to improve the safety of UAVs is an urgent scientific task.

The report analyzes the main approaches to machine learning: supervised learning, unsupervised learning, and reinforcement learning. It is noted that machine learning algorithms provide partially or fully automated methods of data analysis. The main regression methods are considered: linear, logistic, polynomial, ridge, Least Absolute Shrinkage and Selection Operator and ElasticNet. It is noted that ensemble learning distributes the decision-making process to prevent bias.

MULTI-SCALE SIGNAL PARAMETER METER

O. Kolomiitsev¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. Pustovarov¹, Candidate of Technical Sciences; V. Kolomiitsev¹; Ye. Maksymkin²

¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

For cases where it is necessary to create a highly accurate, economical, reliable and time-efficient signal parameter meter with a wide a priori range, a multiscale meter is often used, which can surpass other types of meters in the vector of the named quality indicators. A multi-scale meter is a meter in which an accurate scale containing an accurate discriminator meter with a periodic discriminator characteristic is supplemented by coarse periodic scales that resolve the ambiguity of measurements on the accurate scale.

The most accurate is the phase meter, which has a higher signal strength and slope near zero. Therefore, the best periodic signal for scales is the harmonic, which allows for the narrowest frequency band, i.e. a high signal-to-noise ratio and, accordingly, high accuracy due to the high slope.

The advantages of the meter include high accuracy at a low signal level due to the narrow bandwidth. The disadvantage is the ambiguity of one scale, which requires several scales (nonlinearity of scales). High accuracy in measuring signal

parameters can be achieved not only by increasing the signal level, but also by increasing the steepness of the discriminator (measuring frequency of oscillations).

However, the numerical methods for studying multiscale systems described in well-known works do not allow us to determine the general patterns inherent in multiscale systems.

The report presents a systematic analysis of the quality indicators of multiscale signal parameters meters and proves their general regularities.

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF A PROSPECTIVE UNIFIED SYSTEM FOR OBJECTIVE CONTROL OF THE CONDITION OF AIRCRAFT AND HELICOPTERS

O. Tsemma; R. Yatskiv

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Objective control is a set of measures that includes the recording, storage, reproduction, and analysis of parameters that characterize the condition and functioning of an aviation system using special technical means. This is done in the interest of improving training methodologies, enhancing the quality of personnel education, increasing flight safety, ensuring the reliability of aviation equipment, and assessing its technical condition.

The main means of objective flight control (OC) in aviation are onboard flight data recording devices (FDRs) of general purpose. These are complexes of technical devices designed to record and store information that characterizes the flight parameters of the aircraft, the condition and operating modes of its powerplant and onboard equipment, as well as the actions of the flight crew.

The development of data transmission from onboard recorders during flight directly to control centers and to flight information processing groups via remote automatic methods is a promising direction.

Reducing the time required to deliver and process flight information at ground control stations can be achieved through certain design changes in the aircraft's onboard equipment system and the creation of a transmission device. This device can be integrated with the existing onboard equipment of the aircraft to maintain its weight and size characteristics while ensuring the operation of the information recording system with minimal changes.

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF THE STAND FOR CHECKING THE TECHNICAL CONDITION OF THE REGULATING EQUIPMENT OF AVIATION DIRECT CURRENT GENERATORS OF A MULTI-PURPOSE AIRCRAFT

Y. Georgiev; I. Saveliev

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In conditions when the Armed Forces of Ukraine carry out heroic defense of the sovereignty and territorial integrity of the state, the Air Force units must be ready to perform a wide range of combat missions, including the intensive use of aviation equipment in difficult war conditions. One of the critical elements that ensures the uninterrupted operation of aircraft is the stable operation of aviation DC generators, on which the functioning of numerous electrical systems depends.

The development of a stand for checking the technical condition of the regulating equipment of such generators is extremely important for ensuring the safety and efficiency of the operation of aviation equipment. This stand allows you to quickly diagnose technical malfunctions, identify potential defects and carry out the necessary maintenance of generators without significant delays, which is critical in combat conditions. The accuracy of checks and the stability of the operation of the regulating equipment directly affect combat readiness, ensuring the energy independence of aircraft and the reliability of task performance.

The promptness of defect detection is especially important, since a malfunction of the regulating equipment can lead to serious consequences, including the equipment being out of order at the most crucial moment. The development of such a stand allows to increase the efficiency of aircraft maintenance, optimize resources and reduce the risks of emergency situations, which, in turn, is an important factor in ensuring the safety and effectiveness of combat operations of the Air Force units of Ukraine.

ANALIS OF MODERN DIAGNOSTICS OF ACCUMULATORY BATTERIES

*Y. Georgiev; D. Nesterova; Y. Myroniuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aviation batteries are one of the key elements of the direct current electrical equipment of aircraft. They provide reserve electric power supply to a variety of aircraft systems, especially during engine start-up, when the main power source fails, or in emergency situations. Flight safety, the efficiency of avionics systems and other critical systems depend on the stable operation and reliability of batteries.

Diagnostics of the technical condition of aviation batteries is an integral part of the maintenance process of aviation equipment. This allows timely detection of deviations in the operation of batteries, prevention of possible failures and extension of their service life. Given the harsh operating conditions, including variable temperatures, vibration, and high loads, it is especially important to ensure proper control of battery parameters.

In order to improve the diagnosis of the technical condition of aviation storage batteries, it is proposed to apply modern diagnostic methods.

Modern diagnostics of accumulatory batteries is a set of measures aimed at assessing the state of the battery and determining its remaining resource. Technological progress has made this process more accurate, fast and informative.

JUSTIFICATION OF PROPOSALS FOR THE COMPOSITION OF A UNIVERSAL OPTICAL-ELECTRONIC RECONNAISSANCE CONTAINER CONSIDERING THE PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND FUNCTIONING OF OPTICAL-ELECTRONIC SYSTEMS OF RECONNAISSANCE AIRCRAFT OF LEADING COUNTRIES OF THE WORLD

*Y. Georgiev; M. Holyshev; N. Holysheva
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern air forces of the world's leading countries actively use electro-optical systems for reconnaissance, monitoring, and target designation. A promising direction is the integration of these systems into universal pod-mounted containers,

ensuring their flexible use on various aviation platforms. The main principles of creating such containers are modularity, multispectral capability, high resolution, real-time data processing, and protection. The proposed container includes an optical system consisting of high-sensitivity cameras, hyperspectral sensors, and laser rangefinders; an infrared system with thermal imaging cameras for medium- and long-wave IR ranges; an electronic intelligence system for radio signal interception and passive radar detection; a computing module with AI and secure storage; a data transmission system with secure communication channels and masking technologies; and a stabilization system with gyrostabilized platforms and distortion compensation algorithms. An analysis of global experience (DB-110, MS-110, AREOS) shows that leading countries use multispectral sensors, AI for data processing, and protection against electronic warfare. The proposed container configuration ensures high image quality, operational efficiency, flexibility, and stealth capabilities, significantly enhancing aerial reconnaissance effectiveness.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFRARED SEEKERS OF AIM-9X AND R-27T MISSILES

*A. Datsenko; S. Yakushevskiy; Y. Nezhyvnyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The comparative analysis of the infrared seekers of the AIM-9X and R-27T missiles reveals significant technological differences. The AIM-9X utilizes an imaging infrared (IIR) seeker, which provides high image resolution, target recognition capability, and effective protection against infrared countermeasures due to advanced digital processing algorithms. Its infrared seeker offers a wide field of view, high resolution, and operates in the mid-wave infrared (MWIR) spectrum, enhancing its effectiveness in dynamic aerial combat. In contrast, the R-27T is equipped with a thermal (infrared) seeker optimized for detecting weak thermal signals in the MWIR/LWIR ranges. It ensures high sensitivity to thermal emissions even in the presence of strong background noise, allowing effective tracking of targets with a pronounced thermal signature, such as aircraft engines. Unlike the AIM-9X, the R-27T seeker is less resistant to active infrared countermeasures but is capable of detecting targets at greater distances.

The key distinguishing features of these infrared seekers are: Operating principle – the AIM-9X utilizes IIR technology for image analysis, whereas the R-27T relies on traditional infrared homing.

Countermeasure resistance – the AIM-9X has superior resistance to infrared flares due to digital data processing, while the R-27T is more dependent on thermal contrast.

Targeting accuracy – the AIM-9X provides more precise tracking through target recognition algorithms, whereas the R-27T is more effective at locking onto targets with intense thermal emissions.

Thus, the AIM-9X is designed for high-precision engagement of maneuvering targets in complex tactical conditions, whereas the R-27T is effective for detecting and engaging targets with strong thermal signatures at long distances. The choice between these systems depends on tactical objectives and combat application conditions.

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING
THE EFFICIENCY OF THE FUEL METERING SYSTEM
OF THE MIG-29 FIGHTER AIRCRAFT**

*R. Vasylenko; S. Kalmutskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To ensure the successful completion of a combat mission, a pilot needs information about the operational status of all aircraft avionics. Information on the fuel supply and consumption of the MiG-29 fighter aircraft is provided to the pilot by the STR6-2A system, the main purpose of which is to ensure uninterrupted fuel supply to the aircraft engines and accurate measurement of fuel supply and consumption. The issue of studying the operation of the MiG-29 fighter jet fuel consumption system in order to improve the accuracy of measuring the fuel level on board the aircraft is of great importance.

The report analyzes the fuel and consumption system of the aircraft, which resulted in the main disadvantages of this system, namely, that the system includes fuel level sensors of the DT-36A type, which are obsolete and have large errors in measurement and subsequently in the calculation of the remaining fuel on board the aircraft (the error reaches up to 10% of the actual value). Given this drawback, to improve the accuracy of fuel level measurements, it is necessary to reduce errors by integrating ultrasonic sensors.

To improve the accuracy of fuel level measurement on board the MiG-29 aircraft, it is proposed to replace the DT-36A sensors in the STR6-2A system with an ultrasonic fuel gauge sensor of the ultrasonic fuel gauge type that does not depend on the type of fuel, which in turn will reduce the measurement error to 1-2%.

This change of sensors will improve the accuracy of measuring the fuel level on board, thereby potentially increasing the combat radius and enhancing the combat capabilities of the aircraft.

**DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE STRUCTURE
OF ADVANCED CONTROL AND TEST EQUIPMENT FOR AEROMETRIC
INSTRUMENTS OF A MULTIPURPOSE AIRCRAFT**

*R. Vasylenko; E. Rodiuk; I. Steblyuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of aircraft operation shows that today the control and test equipment of air pressure transducers used to check aneroid membrane devices and air pressure transducer systems is obsolete and requires significant modernization.

As part of the development of the structure of advanced test equipment for aerometric instruments for aircraft, it is important to create effective equipment for checking the tightness of air pressure transducers, the performance and accuracy of aneroid membrane devices.

The report shows the structure of advanced test equipment, which includes automated modules for checking the functioning of aneroid membrane devices during operation and during aircraft maintenance. The proposed structure of this equipment is flexible for adaptation to different types of aircraft and operating conditions, and also takes into account the possibilities of remote diagnostics and calibration, which in turn will improve the usability of the test equipment.

Proposals are made on the structure of the advanced control and test equipment of aneroid-membrane devices of a multipurpose aircraft using modern electronic regulators and intelligent pressure sensors controlled by microcontrollers and wireless communication, which in turn will help reduce the time for aircraft maintenance and increase flight safety.

FEATURES OF THE APPLICATION OF SMALL PACKED CHARGES AMMUNITION

*A. Khyzhniak; A. Babsky; D. Piven
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Small shaped charges (SSC) are explosive devices that combine small size and mass with the ability to inflict significant damage through the cumulative effect. This effect is achieved due to a special shape of the charge, which allows the energy of the explosion to be concentrated into a narrowly directed jet.

The principle of operation of SSC is based on a phenomenon known as the Monroe effect. Its essence is that when a charge with a recess of a special shape (most often conical) is detonated, the energy of the explosion is concentrated in a narrow direction. As a result, a cumulative jet is formed, consisting of molten metal and explosion products, moving at a speed of up to 10 km/s and having a huge penetrating ability.

Small shaped charges, despite their effectiveness and wide range of applications, have a number of problems that limit their use and require constant improvement.

Due to their small size, SSCs have a limited amount of explosive, resulting in a lower explosive power compared to larger charges. This reduces their penetration ability and effectiveness against thick armor or large objects.

Producing high-quality SSCs with precise specifications can be complex and require specialized equipment and technology.

Continuous research and development of new technologies allow us to gradually solve these problems and expand the scope of application of small shaped charges.

In summary, we can say that small shaped charges, despite their effectiveness and wide range of applications, have a number of problems that limit their use and require constant improvement.

METHODS AND MEANS OF DETECTING FAILURES OF AVIATION STATIC CONVERTERS TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF INTERMITTENT FULL-SCALE ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION

*Y. Georgiev; A. Kozyr; O. Malik
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern aviation equipment is one of the key components of the state's defense capability, which is especially relevant in conditions of full-scale armed aggression. The reliability of aviation equipment, in particular the power supply systems of both direct and alternating current, determines the safety of flights and the trouble-free operation of the aircraft.

On modern multi-purpose aircraft, the main power supply system is the alternating current system. Also, static converters on some types of aircraft are emergency power sources that ensure the operation of the main systems of the

aircraft in the event of damage to the main power supply system, namely generators. Therefore, rapid detection of failures and the use of more modern methods of diagnosing static converters in conditions of combat operations will make it possible to return the aircraft to the performance of a combat mission in a shorter time, and spend less time eliminating damage and malfunctions.

The methodology and equipment for testing static converters today are outdated and do not guarantee quick recovery, therefore it is proposed to develop and consider improved ways and methods for diagnosing this aviation equipment so that this does not lead to changes in the characteristics and failures of static converters, but ensures their quick elimination and stable and trouble-free operation.

UNMANNED VEHICLE CONTROL ALGORITHM

*S. Suleymanov, Ph.D.; A. Bayramov, ScD, prof.; F. Abdullayev, ScD, prof.
Republican Seismic Survey Center (Baku, Azerbaijan)*

At the present stage, various navigation methods have been proposed: inertial navigation, satellite navigation and observation-based navigation. However, depending on the task at hand, it is necessary to select the optimal autonomous navigation technology for the unmanned air vehicle. One of the effective ways is the technology of Artificial Intelligence (AI), which is widely used in the field of engineering research [1-8]. AI can detect anomalies and predict potential scenarios, respond to changing situations, study complex problems associated with huge volumes of data, and find patterns that humans might ignore. It can analyze and use external factors to improve the maneuvering of UAVs.

The purpose of the report is to present the results of the developing an algorithm for controlling and navigating an unmanned vehicle using the artificial intelligence method. The process of functioning of an intelligent unmanned vehicle control controller with the choice of a global navigation satellite system is considered. An algorithm has been developed for using a visual or inertial navigation system to determine the coordinate and time characteristics of an unmanned aerial vehicle in the event of non-functioning of the global satellite navigation system. The proposed algorithm and control architecture are applied to an unmanned aerial vehicle intended to perform a reconnaissance flight.

References

1. Hashimov E.G., Bayramov A.A. The flight dynamics of drones // National security and military sciences. – 2016. – T. 2. – № 3. – C. 11-16.
2. Hashimov E.G., Huseynov B.S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku : National Security and military knowledges. – 2021. – № 3 (7). – C. 14-24.
3. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
4. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – № 6. – C. 54-56.
5. Hasanov A.H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages //Advanced Information Systems. – 2023. – T. 7. – № 3. – C. 74-80.
6. Parthasarathy, V., Santhosh, R., Rakesh, K., Salman, N., Muhammad, S., Jin-Gho, C.: Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in Precision Agriculture: Applications and Challenges. *Energies* 15, 217, 1-19 2022.

7. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 21-31.

8. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.

AUTONOMOUS NAVIGATION AND WEAPONIZATION OF UAV SWARMS FOR COMBAT MISSIONS

*A. Talibov, ScD; A. Pashaev, Ph.D.; E. Sabziev, ScD
Institute of Control Systems (Baku, Azerbaijan)*

The use of a swarm of unmanned aerial vehicles (UAVs) in modern military operations has emerged as a strategic approach to overcome the limitations of individual UAVs. This paper explores the fundamental principles and tactical applications of UAV swarms in combat missions. Key components of effective swarm deployment include route-based flight control, formation integrity, target detection and recognition, target assignment, safe transport of hazardous payloads, and precision weapon deployment. Route planning prioritizes low-visibility paths – such as valleys and riverbeds – to enhance covert movement, while advanced algorithms ensure safe navigation and collision avoidance. Swarm UAVs transition from en-route flight to battle formation and align laterally before engaging targets. Each UAV autonomously selects a designated target based on a distribution algorithm. Critical attention is given to the secure handling of explosives through intelligent electronic switching systems and power supply controls, which activate only after takeoff. The detection and targeting modules rely heavily on artificial intelligence (AI), utilizing image recognition and real-time adjustments to maintain the target in the camera's field of view. A software system is proposed to identify enemy silhouettes and guide the UAV precisely toward destruction zones. Overall, this research underlines the growing role of AI and intelligent coordination in the effective and safe use of UAV swarms in combat environments.

References

1. Hashimov, E.G. et al.. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, – Харків. 26-27 квітня, 2023, Том 1. – pp. 4-5.

2. Hashimov E.G., Bayramov A.A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 11-16.

3. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.

4. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 21-31.

5. Hasanov A.H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages // Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – № 3. – С. 74-80.

6. Hashimov E.G., Huseynov B.S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku : "National Security and military knowledges". – 2021. – № 3 (7). – С. 14-24.

7. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – № 6. – С. 54-56.

THE RISE OF UAVS IN MODERN WARFARE

*V. Jahangirov; S. Babayev, Ph.D.; S. Umudov
H. Aliyev Military Institute (Baku, Azerbaijan)*

This article examines the strategic and tactical role of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the Russian-Ukrainian conflict, highlighting their impact on modern battlefield operations. The study categorizes UAVs based on their functions: reconnaissance (e.g., Orlan-10, Bayraktar TB2, RQ-20 Puma), strike drones (e.g., Lancet, Shahed-136), loitering munitions, and commercial drones like DJI Mavic repurposed for military use. The key issues explored include the integration of UAVs in real-time surveillance, artillery fire correction, precision strikes, and close-quarters combat via FPV drones.

The article also investigates how UAV effectiveness has led to the rapid development of electronic warfare (EW) systems and anti-drone defenses. Their use has improved artillery accuracy, reduced dependence on manned aviation, and introduced asymmetric threats to armored units and fixed positions. In response, Russia and Ukraine have invested in counter-UAV technologies, marking a new phase in electronic and drone warfare.

The paper further addresses future trends such as AI-driven drone swarms, autonomous UAV systems, and enhanced commercial drone modifications. Overall, the article underlines how UAVs have revolutionized military strategy, making them a defining element in contemporary and future conflicts.

References

1. Piriyeв H.K. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // – Baku : Proceedings of Heydar Aliyev Military Institute, – 2023. No. 1 (40). – p. 7-16.
2. Hashimov E.G., Huseynov B.S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs // Baku : National Security and military knowledges. – 2021. – № 3. – C. 7.
3. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
4. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – T. 3. – № 4. – C. 21-31.
5. Muradov S.A. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – № 6. – C. 54-56.
6. Hashimov E.G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth international scientific technical conference "Modern development directions of data communication technology and control means". – 2015. – C.23-24.
7. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – № 3, № 2. – C. 10-13.
8. Huseynov B.S. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War //Problems of informatization. Proceedings of 11 International Scientific and Technical Conference. – 2023. – T. 3. – C. 16-17.
9. Bayramov A. A. et al. The supervisory control systems deployment in mountainous terrain //VIII Int. Conf. "Modern development trends of ICT and control methods". – 2018. – C. 3-4.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE COMPUTING POWER OF THE FLIGHT AND NAVIGATION COMPLEX OF A MULTIPURPOSE AIRCRAFT

R. Vasylenko¹; V. Chyhrin²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A0449

Modern flight and navigation systems are critical to ensuring the safety and efficiency of flights. However, the increasing amount of data processed during a flight requires improved computing power. Traditional systems (inertial navigation systems) have some limitations in terms of information processing speed and calculation accuracy.

Integration of artificial intelligence into flight and navigation systems can significantly increase the speed and accuracy of data processing, reducing the risks of human error.

The analysis of the neural network shows that they analyze navigation and meteorological data, predicting the flight path and warning of possible deviations. Adaptive algorithms automatically change the navigation parameters depending on external conditions, providing more accurate control of the aircraft.

The report presents proposals for automated data analysis, which in turn allows for the rapid processing of telemetry information to make optimal decisions in real time. The use of artificial intelligence in flight and navigation systems will automate the route and flight control and predict and prevent failures in navigation systems.

Automation of data processing will minimize technical risks and adapt aviation systems to modern challenges.

STUDY OF THE INERTIAL NAVIGATION SYSTEM OF THE SU-24 AIRCRAFT TO IMPROVE THE ACCURACY OF ITS FUNCTIONING

R. Vasylenko¹; D. Mazurok²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A0449

Modern aircraft perform combat missions at large combat radii and have high maneuverability, which necessitates that the pilot know the exact spatial position and location of the aircraft.

Inertial navigation systems (INS) are most commonly used to determine flight and navigation parameters, the accuracy of which depends significantly on the quality of the initial setting of their gyro platforms in the horizon and azimuth. Some of its operations are quite complex, and the time of alignment largely determines the time of preparation of onboard systems.

We analyze the algorithms of operation and the structural scheme of a small-sized inertial system, methods and means of initial azimuthal alignment of the INS, develop a mathematical model of the system, and use it to study the influence of azimuthal alignment errors on the accuracy of determining navigation parameters.

Recommendations were developed to optimize the preparation of systems for use, namely, the need to develop a comprehensive heading setting device with optimal characteristics.

**STUDY OF APPLICATION FEATURES OF MODERN PLATFORM-FREE
INERTIAL NAVIGATION SYSTEMS BASED ON
FIBER-OPTIC GYROSCOPES**

R. Vasylenko¹; T. Parashchenko², Ph.D.

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*²Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

The modern realities of warfare place new demands on navigation systems, which are key elements of aircraft control. Even very reliable navigation systems often depend on Global Positioning System (GPS) signals, which can be easily disrupted in combat operations. Therefore, the question arises of developing a modern navigation system capable of operating in the absence of a GPS signal.

Using the results of the analysis, it was found that in the next 2-3 years in the production of platform-free inertial navigation systems (PFINS), namely, the improvement of technology, fiber-optic gyroscopes (FOG) will completely displace all other types of gyroscopes from the market of sensitive elements of medium and high-precision navigation. The BINS based on such gyroscopes has no moving parts, is absolutely silent, does not require special maintenance, has good MTBF (up to 80,000 hours) and low power consumption.

Considerable attention is paid to the use of a new element base, namely the use of polarization-preserving fiber, as well as the analysis of factors affecting the sensitivity of the device, as this is the main issue of improving its performance.

The report presents proposals for the creation of a depolarized radiation FOG scheme and the use of constructive and algorithmic methods to compensate for the effect of temperature on FOG sensitivity, which makes it possible to integrate the BINS with other avionics systems, creating a single information environment. This allows the pilot to receive comprehensive information on navigation, combat situation and aircraft status, which significantly increases the efficiency of mission performance.

**DEVELOPMENT OF A DIGITAL AIR SIGNAL SYSTEM MODEL
FOR MULTI-PURPOSE AIRCRAFT WITH DANGEROUS
ALTITUDE WARNING FOR LOW-ALTITUDE FLIGHTS**

V. Kolesnik¹; I-A. Barchyn²

¹Military unit A1356;

²Military unit A0959

Existing aircraft dangerous altitude warning systems have both methodological and instrumental errors in determining the true flight altitude of the aircraft. The development of an adaptive digital air signal system will improve the efficiency of critical altitude warnings and reduce the risk of emergency situations.

This report addresses the issue of improving the safety of multi-purpose aircraft during low-altitude missions. A model of a digital air signal system is proposed, which ensures accurate determination of dangerous altitude and automatic warning of the crew about the threat of collision. This model is based on digital processing of altimeter readings and inertial navigation system data in the signal limiting system computer to compare current altitude parameters with set limits.

The proposed dangerous altitude prediction algorithm takes into account both static (terrain relief) and dynamic (course changes, speed, sudden turbulence) data using adaptive sensitivity adjustment of the system depending on flight conditions.

Recommendations for the hardware implementation of the proposed system model in the aircraft's onboard aviation complex have also been developed.

**ALGORITHM FOR OPERATION OF AVIATION EQUIPMENT
"ACCORDING TO TECHNICAL CONDITION" USING
GROUND MAINTENANCE CONTROL AND ON-BOARD
MEASUREMENT SYSTEMS**

*Y. Georgiev; K. Karlov; V. Horbenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Years of underfunding and lack of procurement of modern aircraft have resulted in the majority of the fleet in Ukraine being operated only according to its technical condition.

It is advisable to create a single set of data that will be accumulated during the work with aircraft, with access to it provided to operators, developers and repair companies in Ukraine. Such an information and technical base will reduce troubleshooting time by promptly providing technicians with the necessary information to identify the causes of failures, place orders for spare parts, and improve aircraft design and equipment.

The development of technical diagnostics and monitoring systems will eventually make it possible to abandon periodic maintenance, performing work solely on the basis of technical condition. The schedule of such work will be optimised based on actual operation, which will help save financial and human resources. An integrated approach involving ground and onboard diagnostic tools will help prevent sudden failures of aircraft systems.

The introduction of such an algorithm in the context of the current development of Ukraine's civil aviation will provide the ability to predict failures, which will significantly increase the level of flight safety.

**RESEARCH ON WARHEADS OF AVIATION AMMUNITION
FOR EFFECTIVE DESTRUCTION OF TACTICAL-LEVEL UAVS**

*A. Voronin; V. Hirnyi; M. Skarazhonak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of military technologies in the 21st century has led to the active use of tactical-level unmanned aerial vehicles (UAVs). Their use has significantly influenced the conduct of hostilities, in particular during the Joint Forces Operation (JFO) in eastern Ukraine. Modern challenges require the improvement of warheads of aviation munitions to increase the effectiveness of hitting such targets.

Unmanned aerial vehicles, due to their mobility, compactness, and ability to perform both reconnaissance and strike functions, have become one of the key elements of the modern battlefield. Their widespread use in the Joint Forces has demonstrated the need to develop specialized means of combating them.

Traditional aviation munitions were developed primarily to engage larger, less maneuverable ground or air targets, which reduces their effectiveness against UAVs. Therefore, research aimed at adapting warheads to new threats is extremely relevant.

Based on an analysis of combat experience and technical characteristics of aviation ammunition, several types of warheads can be distinguished that can potentially be effective in combating UAVs:

- High-explosive fragmentation warheads;
- High-explosive fragmentation warheads;
- Programmable guided warheads.

The proposed solutions allow to increase the effectiveness of combat against tactical UAVs, which will contribute to the conditions of modern combat.

RESEARCH ON THE ADAPTATION OF TRANSPORTATION MEANS FOR AIM-9 TYPE AVIATION WEAPONS UNDER MIG-29 AND SU-27 AIRCRAFT

B. Revko; S. Pavlichenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Ensuring the effective and safe transportation of aviation weapons (AW) is a crucial stage in preparing combat aircraft for mission execution. This study explores ways to adapt transport trolleys for carrying AIM-9 Sidewinder missiles during the maintenance and preparation of MiG-29 and Su-27 aircraft.

The structural features of existing transport platforms, their compatibility with both Western and Soviet mounting standards, and potential modifications for the safe and convenient transportation of missiles are analyzed.

Options for improving support elements, fixation systems, and adaptation to different types of suspended weaponry are considered. The research findings can be used to enhance the efficiency of aircraft ground maintenance and optimize logistics processes in the operation of mixed aviation weapon fleets.

RESEARCH ON A UNIFIED MEANS OF CARGO TRANSPORTATION AND SUSPENSION FOR AIRCRAFT

B. Revko; V. Miakota; M. Sosulin

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The preparation of an aircraft for departure becomes more complicated when considering the following trends in aircraft development:

- an increase in aircraft flight duration, in many cases, leads to an increase in aircraft preparation time;
- the increase in aircraft load, consequently leading to an increase in cargo mass, its range, and the number of suspension points, primarily results in a longer preparation time for the next flight.

The entire process of preparing aviation weapons, transportation, and suspension onto an aircraft can be divided into stages or elements, considering execution time and the share of manual labor. The preparation time can be reduced by:

1. The delivery of aviation weapons as complete sets.
2. Reducing manual labor through the automation of suspension operations.
3. The capability of self-loading by the transportation means.

At present, due to underfunding, the industry hardly produces mechanization equipment, and the existing ones do not meet the characteristics and capabilities required by operating units.

Based on the above, it can be stated that the purpose of the research is to develop a standardized suspension system for the transportation of aviation weapons with a load-bearing module.

By analyzing the existing mechanization means, it can be concluded that domestic ones significantly lag behind foreign counterparts, and it can be said that we have no such analogs. In recent years in Ukraine, due to repeated underfunding of the Armed Forces of Ukraine, the production of mechanization means has completely ceased.

Therefore, in order to reduce the aircraft preparation time, which has the highest payload of aviation weapons compared to other domestic aircraft, and in the conditions of limited funding for the Air Force, it is necessary to carry out a series of works on the development and creation of a cheap and practical means of transportation and suspension of aviation weapons.

The use of a standardized suspension and transportation system for aviation weapons through a load-bearing module will reduce the aircraft preparation time, and especially with a full combat load, it will significantly shorten the preparation time for a subsequent sortie.

RESEARCH INTO DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL SUSPENSION DEVICE FOR VARIOUS TYPES OF AIRCRAFT VEHICLES

*M. Sorochkin; D. Chuchvaga; I. Sitalo; E. Matvieiev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Research into the development of a universal means of transportation and suspension of air-to-air weapons (ATO) is an important task in the context of modern military aviation technologies. One of the most critical aspects of combat training of aviation platforms is ensuring fast, safe and reliable loading of ATO. In this context, the development of universal trolleys for transportation and suspension of ATO allows optimizing the preparation of aircraft for combat missions, reducing labor intensity and time for maintenance.

Automation of the processes of transportation and suspension of ATO faces a number of difficulties. Modern aviation ammunition has significant differences in mass, dimensions, shape and method of attachment. Traditional loading means are often specialized, designed for a certain type of ammunition, which complicates their universal use. The lack of universality leads to an increase in the costs of purchasing and maintaining specialized equipment, and also reduces the efficiency of preparation for departure.

A universal means of transporting and suspending the ATO should be built on the basis of a modular principle. This will ensure: flexibility of adaptation to different types of ATO, reduction of logistics costs, convenience in repair and modernization. Modules can be quickly replaced or updated without the need for complete dismantling of the system.

The development of a universal means of transportation and suspension of the ATO has significant potential for improving the combat training of aviation units.

STUDY OF PARAMETERS OF A PROSPECTIVE AIRBORNE WEAPON FOR DESTROYING MODERN LIGHTLY ARMORED GROUND TARGETS

*M. Onyshchenko; A. Semenyik; O. Yurkovska
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern combat operations require high-precision and effective weapons for engaging lightly armored targets such as infantry fighting vehicles, armored personnel carriers, and mobile command posts. As a result, the demand for developing advanced airborne weapons (ABWs) capable of delivering high accuracy, mobility, and efficiency with minimal ammunition expenditure is increasing.

This study focuses on determining the key parameters of a prospective ABW, including the type of warhead (high-explosive, fragmentation-high-explosive, armor-piercing, or shaped charge), optimal caliber, guidance method (laser, inertial, satellite, or a combination), and the feasibility of modular designs for adaptation to various combat conditions. The study also examines the potential application of new explosive compounds, materials, and technologies to enhance target engagement effectiveness.

A comparative analysis of existing counterparts, such as the Hydra 70, Brimstone, and APKWS, with emerging designs under development is conducted. Tactical scenarios for ABW deployment are considered to ensure maximum effectiveness while minimizing risks to aviation platforms.

The research results provide recommendations for improving the combat characteristics of a prospective ABW, including the implementation of adaptive guidance algorithms, weight reduction while maintaining destructive power, and enhanced resistance to electronic warfare measures. The proposed solutions will contribute to increasing the combat capability of aviation units and the effectiveness of mission execution in modern warfare conditions.

SYNTHESIS OF ALGORITHMS FOR DETERMINING CHARACTERISTICS OF ADVANCED AVIATION GUIDED MISSILES TO TARGET ENEMY RADAR SYSTEMS SUCH AS THE AGM-88 HARM

*O. Sorochnik; D. Marchenko; P. Mershuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The synthesis of algorithms for determining the characteristics of next-generation aviation-guided missiles targeting enemy radar systems such as the AGM-88 HARM aims to develop intelligent systems capable of adapting to the dynamic conditions of modern electronic warfare. A key aspect is the integration of artificial intelligence methods, particularly deep learning for radar signal analysis, with sensor synthesis technologies to accurately identify target coordinates, frequency, and type.

The algorithms must ensure autonomous real-time threat identification and prioritization, accounting for tactical scenarios such as radar masking, decoy signals, or active electronic countermeasures. Special attention is paid to adaptive guidance

trajectories that consider terrain geometry, target movement, and the missile's energy constraints.

To enhance system robustness, the proposal includes neural networks trained on large datasets of radar signals and modular algorithm architectures enabling rapid updates to targeting logic. Implementing these algorithms will increase target detection range, reduce the likelihood of false targeting, and ensure effective radar suppression even in high-countermeasure environments. This will lay the foundation for a new generation of missiles capable of autonomous operations in complex combat environments, which is critical for achieving superiority in air and space operations.

RESEARCH ON WAYS TO REDUCE THE MISSION OF MANIPULATED AIRCRAFT VEHICLES IN HITS ON AIR TARGET

*P. Mershuk; D. Marchenko; O. Sorochkin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Hitting a target with an aircraft guided missile is a complex event consisting of two random events that occur sequentially in time.

The first random event is that the missile warhead detonates at a given point in space with coordinates x, y, z relative to the target center. The probability of this event is determined by the error law $f(x,y,z)$.

The second event is that the striking elements of the missile warhead, which explodes at a given point in the trajectory with coordinates x, y, z , will hit the target.

The dispersion of the warhead explosion points relative to the target is a consequence of the errors of pointing the missile at the target in the coordinate plane $\varphi(y,z)$ and the dispersion of the points of activation of the non-contact fuse (in the case of a direct hit on the target, the detonation of the warhead is provided by the contact fuse). In turn, the density of the dispersion of the points of activation of the contact fuse can be described by a law of the form:

When using the concept of the conditional coordinate law of target destruction:

Thus, to determine the probability of hitting a target with one missile, it is necessary to know:

- the law of distribution of target targeting errors $\varphi(y,z)$ in the picture plane;
- the dependence of the probability of triggering the non-contact fuse on targeting errors $f_2(y,z)$;
- the conditional coordinate law of target destruction $G_0(y,z)$.

IMPROVEMENT OF METHODS OF MAINTENANCE OF RADIOELECTRONIC EQUIPMENT OF MIG-29 BY MEANS OF INCREASING COMBAT READINESS

*K. Lyman; O. Khizhnyuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern requirements for the combat readiness of MiG-29 fighters in a full-scale armed aggression of the Russian Federation require continuous improvement of the methods of maintenance (MOT) of radioelectronic equipment (REE) on the aircraft. Outdated maintenance methods are based on hands-on approaches and a reactive approach to troubleshooting. They lead to increased equipment downtime, increased repair costs, and reduced overall operational efficiency. To achieve the optimal level

of combat readiness, it is necessary to make a transition to effective and fundamental changes in the MiG-29 REE strategies. A key area of improvement is the introduction of predictive maintenance systems (PMS). Analyzing data from onboard diagnostic systems, using sensor technologies to monitor the condition of REE components, and applying artificial intelligence to predict potential malfunctions will allow the transition from a reactive to a proactive approach.[4] Timely detection and elimination of possible malfunctions can reduce the number of unplanned outages. Daily monitoring of the REE status will keep aircraft in constant readiness to perform combat missions. Thus, the transition to predictive maintenance is a key factor in increasing the efficiency of the MiG-29 fighter aircraft operation and ensuring their combat readiness in modern warfare.

RELEVANCE OF AVIONICS DIAGNOSTIC PROCESSES

M. Digtar; Y. Khmel

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Diagnostics of radio-technical short-range navigation systems (RSBN) as an element of avionics is a crucial stage in ensuring their effective operation.

The problem of diagnostics lies in detecting malfunctions, assessing the technical condition of equipment, and predicting possible failures.

The implementation of this process is possible through the analysis of system operating parameters, the use of automated control tools, and mathematical modeling methods.

The primary diagnostic method for RSBN is traditional scheduled maintenance checks. Automated diagnostics using sensors and analytical algorithms enhance RSBN efficiency. Predicting system conditions based on the analysis of large volumes of data reduces the probability of errors.

Diagnostic tools monitor temporal and functional characteristics, while modern conditions enable self-diagnostics based on artificial intelligence.

Failures and malfunctions generate a stream of statistical data used in the synthesis of system data.

The obtained diagnostic results allow timely failure prediction, reduce equipment downtime for recovery, and improve flight safety.

The relevance of using modern diagnostic technologies lies in optimizing system operation processes.

Successful implementation of diagnostic systems requires the integration of hardware and software components, as well as regular updates of analytical methods considering technological advancements.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE ON-BOARD DEFENCE SYSTEM

S. Karateev; S. Dukh

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the current conditions of armed confrontation, it is necessary to use aircraft, which in turn must be equipped with modern and effective means of individual electronic protection.

The main threat to aircraft performing missions in the combat zone is primarily man-portable air defence systems (MANPADS), surface-to-air missiles (SAMs) and

anti-aircraft artillery systems (AAS), as well as aviation weapon systems and systems equipped with optoelectronic and radar guidance systems, guided missiles with infrared (IR) and radar homing heads (RHH).

Most of the existing protective measures installed on the aircraft of the Air Force (AF) of the Armed Forces (AFU) of Ukraine, developed in 1970-1980, are technically outdated and ineffective against modern air defence systems. In particular, the Su-24M aircraft, in the on-board defence system, uses L-082-Mak-UL heat signatures based on infrared sensors with an imperfect algorithm for screening out false targets.

The development of the on-board defence system installed on Su-24M aircraft of the Ukrainian Air Force as a key element of electronic warfare is gaining more importance.

It has been established that rocket engines use fuel with the addition of special additives, which, when burned, leaves a characteristic trace in the ultraviolet (UV) range of the spectrum.

This phenomenon can be used to detect the fact of an attack and identify the type of ammunition.

Additional equipment of the missile warning station with UV sensors will significantly increase the probability of detecting the type of missile, which will reduce the time of counteraction and apply the most effective countermeasure.

RESEARCH ON WAYS OF INCREASING THE IMITATION RESISTANCE OF THE SECONDARY RADAR AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEM

M. Boiko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Analysis of combat experience of the Russian-Ukrainian war shows that the use of aviation significantly affects the course of hostilities. Currently, secondary radar radio systems, which are used in air traffic control system (ATCS), are widely used in aviation. ATCE is used to guide aircraft into the landing zone of an aerodrome, approach for landing, and ensure a safe landing. Aircraft transponders (AT) are an integral part of ATCS. Upon a specific request signal, the AT provides automatic transmission of information about the aircraft's tail number, remaining fuel, and true flight altitude.

The main requirement for an AT when performing a combat mission is the interference immunity of the response signal transmission channel. Such a channel must be provided with immunity to imitation, speed and reliability of information transmission during the use of electronic warfare systems. One option for increasing the immunity and stealth of an AT is to use noise-like signals.

The report considers a variant of increasing the immunity of the AT response signal using a chaotic nonlinear dynamic system as a carrier. A mathematical model of binary sequence transmission and its extraction based on observation of a chaotic signal is presented. The main characteristics of a chaotic signal are analyzed: pseudophase portrait, amplitude-frequency spectrum, and autocovariance function.

Thus, the study of the mathematical model using the MathCad program demonstrated the adequacy of the algorithm for recovering information from the received chaotic signal, which is distorted by noise.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AN ON-BOARD RADAR SYSTEM

O. Khizhnyuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

An airborne radar is one of the most important elements of onboard electronic equipment, the technical capabilities of which largely determine its effectiveness in solving the tasks assigned to a modern tactical fighter aircraft. According to foreign experts, radars will remain the main means of detecting, tracking targets and guiding guided weapons at them in the near future.

With the development of on-board computing systems and software improvements, it will be possible to operate radars in two modes simultaneously: tracking air and ground targets, tracking air targets and passing through terrain, and others.

Therefore, the on-board radar system requires additional research to improve its functioning, which will help to improve the operation of the on-board radar system.

Conclusion: The airborne radar station (ARS) is a key element of modern fighter aircraft that provides target detection, tracking and weapon guidance. Thanks to advances in computing technology, modern pulse Doppler radar systems can perform multiple functions simultaneously due to the development of computing technology.

ANALYSIS OF THE USE OF VOR RADIO NAVIGATION SYSTEM IN UNMANNED AERIAL VEHICLES

T. Kryva

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The use of the VOR (VHF Omnidirectional Range) system is common in aviation, but unfortunately its application in unmanned aerial vehicles (UAVs) is limited.

Nevertheless, some large UAVs can be equipped with VOR as a backup navigation system for reconnaissance and high altitude missions. This is particularly relevant in situations where there is a need to fly in civilian airspace in compliance with traditional aviation regulations.

Today, modern VOR systems use machine learning algorithms that are able to adapt the system to peculiar terrain features or common obstacles specific to a particular location. These systems analyse data on signal transmission conditions and use the necessary settings, thereby improving accuracy in difficult conditions.

Digital signal processing is becoming more common in VOR systems. It is characterised by the following features: it has higher measurement accuracy due to a lower susceptibility to noise; digital algorithms can be easily modified and adapted to any operating conditions; the latest microprocessor elements allow implementing complex processing algorithms in small devices; these systems are easily combined with other aircraft systems.

Although, VOR isn't the leading navigation system for UAVs, it can be used by some large and specialised vehicles.

ADVANCED AIRBORNE RADAR SYSTEM FOR A FIGHTER AIRCRAFT

*V. Zhuk; R. Dehtiarenko; D. Holovko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The effectiveness of airborne radar systems in contested electromagnetic environments is crucial for achieving air superiority and mission success. Therefore, ensuring radar performance against active jamming is a primary concern. Several techniques, including frequency, time, and spatial selection, can improve the interference immunity of airborne radar receivers.

Modern technological advancements have led to the development of new methods for enhancing the interference immunity of airborne target detection systems. The integration of cognitive radar technology is a particularly promising area. Cognitive radar systems, capable of automatically adjusting their parameters to a changing electromagnetic environment, are a key focus of current research. These systems leverage artificial intelligence to boost the effectiveness of radar operations.

A suitable operational algorithm is essential for implementing such a multifaceted approach. The specific algorithm must be chosen based on the electromagnetic conditions within the radar's operational area. Critically, the ability of artificial intelligence to select the most effective target tracking method at any given time improves the probability of detecting moving airborne targets.

Consequently, the implementation of cognitive airborne radar systems offers a significant potential advantage for enhancing operational efficiency and ultimately securing air dominance.

STUDY OF WAYS TO INCREASE THE RANGE OF TARGET DETECTION BY AVIATION OPTOELECTRONIC SIGHTING SYSTEMS

*T. Hrynychuk; K. Malyshok; O. Hnusenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

On the modern battlefield, the ability to detect targets at long distances is critical to the effectiveness of combat operations and is therefore a priority area for aircraft development.

Optical-electronic target designation systems used by combat aircraft such as the Su-27 and MiG-29 play an important role in target detection and tracking.

The study is aimed at studying the possibilities of increasing the range of target detection using aviation optoelectronic target designation systems.

To achieve the possibilities of increasing the range of target detection, it is proposed to use: computer modeling, real-time data analysis and comparative analysis of various systems. It is planned to increase the range of target detection by aviation optoelectronic sighting systems by improving signal processing algorithms and using modern technologies, namely matrix photo detectors in the design of equipment.

A method of modernization has been proposed – expanding the spectral range of IR radiation, by replacing the photodetector FPU-1 with a modern matrix photodetector, which in turn will improve target detection ranges and resolution.

To increase the reliability of recognition, it is planned to display the image of the target on a multifunctional indicator (screen) in the cockpit or on the visor of the pilot's helmet.

DIGITAL ADAPTIVE FILTERING AS A MEANS OF ENHANCING THE INTERFERENCE IMMUNITY OF AN AIRBORNE RADAR

*R. Dehtiarenko; D. Holovko; Z. Tsiurak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In dynamic environments, digital adaptive filtering is a powerful technique for enhancing the interference immunity of radar systems, including the product H019. Using the Kalman algorithm for filtering and target position correction significantly mitigates the effects of random signal fluctuations and noise, leading to more accurate real-time target positioning. The Kalman algorithm dynamically adapts to changing noise and interference conditions, crucial for unstable operational environments, by evaluating and adjusting the target trajectory based on the statistical characteristics of the signal and noise.

Wiener filters offer optimal filtering by minimizing the mean square error between input and output signals, effectively reducing noise at the system output. This is particularly beneficial for processing weak signals in the presence of strong, persistent interference, a key requirement for detecting small targets amidst radio frequency noise. By optimizing the signal-to-noise ratio, the Wiener filter improves target detection and localization accuracy, especially when the signal is significantly weaker than the interference. Combining these methods in the radar ensures high system reliability, precision, and efficiency across a broad range of interference scenarios, which is essential for modern military applications.

Improving digital adaptive filtering in airborne radars, specifically through the application of the Kalman algorithm and Wiener filtering, significantly enhances interference resistance. This leads to more precise target position correction and effective noise suppression, which is particularly important for detecting small targets in high-interference environments. The integrated use of these techniques contributes to increased radar system reliability and efficiency in challenging conditions.

WAYS TO INCREASE THE ACCURACY OF DETERMINING THE HEADING ANGLE OF THE RADIO STATION BY AUTOMATIC RADIO COMPASS

*M. Melnyk; A. Kozlova; M. Semko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The automatic radio compass is designed for aircraft navigation on drive and broadcast radio stations, it provides a continuous reading of the heading angle of the beacon. An automatic radio compass is a device that uses radio signals from ground radio beacons to determine the course of an aircraft. The device automatically adjusts only to receive signals and determines the direction to the beacon.

The accuracy of determining the heading angle of the radio depends on the conditions of propagation of radio waves, the flight mode and the characteristics of the system itself.

Under normal conditions, the radio compass receives a vertically polarized radio wave. However, due to the presence of horizontally arranged elements of the frame on it under abnormal conditions of propagation of radio waves affects the field with horizontal polarization. Under these conditions, curvature of the directional pattern and direction finding errors may occur.

To improve the accuracy of bearing determination and reduce the influence of mirror reflections for the medium-wave range, it is proposed to use the Adcock cross-loop, which consists of two or four vertical dipoles arranged in pairs. Each pair of dipoles creates an electrical equivalent of a loop antenna. To compensate for phase distortions that occur in the antenna system, phase correctors are used, which allow to improve the accuracy of determining the direction to the radio station, especially in conditions of influence of the structural elements of the aircraft.

Thus, using the above proposals, it is possible to improve the operation of the automatic radio compass, which will allow more efficient performance of combat missions.

ADAPTATION TO LIMITED AIRCRAFT MAINTENANCE PROCESSES

*M. Dihtiar; A. Tambovtsev; O. Babych; I. Skliar
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Problems in the technical operation of on-board radio-electronic equipment in limited conditions and measures to reduce risks. In limited operating conditions, maintenance of on-board electronic equipment (REE) faces numerous problems, primarily related to the erroneous actions of the operating personnel. To ensure a high level of flight reliability and safety, it is necessary to implement a set of measures.

The integration of automated diagnostic and monitoring systems will make it easier to detect faults in real time and significantly reduce the time to fix. The use of portable tablet-type electronic computing devices (PECD) with specialised software will help mitigate the operational risks associated with REE.

Upgrading the skills of technical personnel through the implementation of training programs based on empirical calculations can reduce maintenance time by 15-20%. Modelling of combat scenarios is becoming more common in modern military practice. The inclusion and use of training simulators, based on the experience of foreign partners, is a priority in specialised training. Accounting for external factors and sudden situational changes requires dynamic adjustments and adaptations in maintenance procedures. Stochastic technological processes in such conditions can be solved by developing mathematical models that combine the maintainability of the system with key performance indicators.

The comprehensive application of these measures will increase the efficiency and reliability of REE service under operating constraints, ultimately ensuring sustainable combat readiness.

RESEARCH ON WAYS TO IMPROVE THE SECONDARY RADAR AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEM

*M. Boiko; D. Zuienko; D. Dolynyuk; Z. Tsotok
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Considering modern requirements for ensuring flight safety and enhancing the operational efficiency of aviation, the development of air traffic control system (ATCS), is highly relevant. The outdated component base of existing devices limits their functionality and reliability, increasing risks during mission execution.

A method to improve secondary radar of ATCS is proposed through the implementation of addressed aircraft transponders and collision avoidance systems.

This involves the modernization of aircraft transponders CO-69 and CO-72 to ensure compatibility with RBS and Mode S operations.

The development aims to enhance the reliability of ATCS by duplicating altitude data, thereby minimizing the number of conflict situations during flights. It also provides automatic real-time warnings to the crew about hazardous situations.

Thus, the proposed development enables the integration of modern technologies into existing ATCS, improving their efficiency, reducing collision risks, and optimizing airspace usage.

OPTIMIZATION OF UAV ROUTE PLANNING FOR EFFECTIVE DETECTION OF ENEMY OBJECTS

V. Kryvonos¹, Candidate of Technical Sciences;

O. Datskiv²; V. Kukharensko³; O. Halepa¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military Unit A0449;

³Military Unit A1850

Unmanned aerial vehicle (UAV) systems have become an indispensable tool for conducting aerial reconnaissance and detecting enemy objects. The effectiveness of target detection depends on a number of factors, such as weather conditions, time of day, terrain characteristics, as well as the enemy's capabilities for radar and optical surveillance. To ensure maximum efficiency of aerial reconnaissance, careful planning of flight routes is required. Optimizing this process improves the accuracy of reconnaissance data, reduces resource costs, and ensures mission safety.

One of the promising approaches to improving route planning efficiency is the integration of artificial intelligence (AI) systems. Such systems enable the creation of adaptive and dynamic flight trajectories, taking into account a wide range of variable factors. These include current weather conditions, the activity of enemy air defense systems, and the risks of UAV detection by enemy radar stations.

The implementation of advanced technologies, particularly artificial intelligence, significantly enhances mission efficiency, reduces risks for unmanned vehicles, and increases the likelihood of successful target detection. This makes UAVs an even more powerful and reliable tool for conducting modern military operations, providing a strategic advantage on the battlefield.

PERFORMANCE OF COMBAT TASKS BY UNMANNED AERIAL SYSTEM UNITS OF VARIOUS PURPOSES

Y. Krepko¹; K. Akimenko²; O. Lova¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A1850

The modern experience of using unmanned aerial systems (UAS) in combat conflicts confirms their high effectiveness. They reduce risks for personnel, provide target accuracy, and improve decision-making speed. However, to achieve maximum efficiency, factors such as counteraction from the enemy, weather conditions, and the technical capabilities of UAVs must be considered. UAS units of various functional purposes, such as reconnaissance, strike, electronic warfare, and others, are actively used to achieve strategic objectives on the battlefield.

The main tasks performed by UAS units are reconnaissance and surveillance, target destruction, electronic warfare, logistics, and communication.

Unmanned aerial system units of various purposes are a key element in modern combat operations. Their effective use requires careful planning, consideration of combat experience, and integration of advanced technologies to optimize task performance.

FEATURES OF SWARM APPLICATION OF UNMANNED AIRCRAFT

*V. Ivanyuk¹, Candidate of Technical Sciences Associate Professor;
P. Martynenko¹; O. Shmyhlenko¹; R. Smyk²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Military unit A4355*

The experience of modern military conflicts and the Russian-Ukrainian war indicates the growing role of various types of unmanned systems on the battlefield. Currently, there has been a transition from the use of single unmanned vehicles to their group use and a transition to the use of unmanned vehicles as part of a swarm is underway.

A feature of the modern organization of complex systems is that the predominant organizational structure is not a hierarchy, but a network. Network structures are more mobile, more stable, more reliable; the failure of some network elements does not lead to the failure of the entire network, various information is distributed more quickly over the network and interaction between different organizational and technical levels is carried out.

The analysis shows that the defining and implemented with a high degree of reliability innovation in the combat use of unmanned systems is the possibility of active exchange of information between control objects in real time, the organization of not individual, but collective behavior of combat and error-prone means and making collective decisions with their effective individual implementation. The main component in the infrastructure of combat use is a single network of intelligent unmanned systems with a specially organized control system.

In many countries of the world, research is being conducted on the tactics of using swarms of reconnaissance and strike unmanned systems based on unmanned aerial vehicles for various purposes.

It is worth noting that the spread of the ability to inflict guaranteed damage on mobile and camouflaged objects protected by air defense systems, as well as objects with a priori unknown coordinates, causes significant interest among the leading countries of the world in implementing the idea of swarm use of unmanned aerial vehicles.

ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ І ЖИВУЧОСТІ КАНАЛУ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

*О.В. Склярів; М.М. Радченко; А.В. Титаренко; В.Г. Сайко
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

Живучість і стійкість каналу управління визначається як здатність зберігати свої робочі параметри в умовах впливу на нього різноманітних дестабілізуючих факторів у вигляді ненавмисних і навмисних радіозавад. Одним із напрямків вирішення завдання щодо забезпечення стійкості і живучості каналу управління БпАК є створення альтернативних маршрутів проходження керуючої інформації шляхом резервування каналів управління.

Технічні характеристики обладнання діючих каналів управління БпАК допускають порушення управління БпАК шляхом застосування відповідних засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) протидією стороною. Для вирішення завдання надійності керування БпАК пропонується застосовувати в якості додаткового інструменту, для уникнення впливу засобів РЕБ, додаткового модулю LTE-зв'язку. Запропонований модуль повинен бути сумісним у роботі з обладнанням базових станцій у тих частотних діапазонах, що підтримуються на основі частотних бендів (B1, B3, B7, B8), які дозволені для використання українськими мобільними операторами. Особливість застосування наведеного модулю полягає у тому, що у випадку придушення роботи основного радіоканалу керування БпАК навмисною радіозавадою, що організоване з допомогою засобів FHSS радіозв'язку, здійснюється переключення на резервний канал управління, що організовується шляхом підключення модуля LTE-зв'язку. Зв'язок забезпечується завдяки наявності у складі модуля LTE-зв'язку двох активованих SIM-карт тих операторів мобільного зв'язку, які забезпечують радіопокриття на місцевості, де здійснюється застосування БпАК.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІСНУЮЧИХ ПРИЛАДІВ ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ ТА ЇХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

*М.В. Андрушко; О.Є. Кузьміч; Є.О. Гузій; А.М. Андрушко
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Сучасна воєнно-технічна політика характеризується високою динамічністю, гнучкістю, сконцентрованістю на пріоритетних напрямках воєнно-технічного будівництва для досягнення технологічної переваги та збільшення інформаційної складової забезпечення операцій (бойових дій). Наявність справного, готового до негайного застосування високоточного ОВТ є обов'язковою умовою при виконанні завдання у різноманітних зонах бойових дій.

На даний час при розробленні (модернізації) техніки використовують різні методи перевірки щодо вимог надійності деталей і захисту від різних засобів ураження. В переважній більшості існуючі методи перевірки не дають змогу отримати більш повну інформацію щодо внутрішніх дефектів та пошкоджень матеріалу. Важливу роль в цьому аспекті відіграє шумова помітність об'єкту.

Нормативними та технічними документами визначається, що для аналізу та оцінювання шуму у навколишньому середовищі використовують наступні параметри:

- рівень звукового тиску (sound pressure level) – це двадцять десяткових логарифмів відносини середньоквадратичного значення даного звукового тиску до опорного звукового тиску;
- рівень звукового впливу (sound exposure level) – це десять десяткових логарифмів відносини звукового впливу до опорного звукового впливу; опорний звуковий вплив – добуток квадрата опорного звукового тиску та опорного інтервалу часу 1 с – середній за часом або еквівалентний безперервний рівень звуку (Leq);
- рівень пікового тиску звуку (PeakMAX).

Вимірювальний прилад, який використовується для оцінки рівня шуму або звуку шляхом вимірювання звукового тиску та часто називають вимірювачем рівня звукового тиску, вимірювачем децибел, вимірювачем шуму або шумоміром.

Будь-яке вимірювальне обладнання підбирається під конкретну ситуацію, причому враховується і його клас точності.

Слід відмітити, що наряду з шумомірами в даній області застосовуються віброметри та аналізатори звуку.

Основні проблеми при використанні лазерних віброметрів – вимоги до світлопровідного середовища між лазером і поверхнею вимірюваного об'єкта та неможливість проведення вимірювань безпосередньо на робочих місцях. Також значними обмеженнями є глибокі фізико-математичні основи методу, висока технічна складність та вартість обладнання.

Основні області використання лазерних віброметрів:

– вимірювання параметрів руху об'єкта в умовах роботи, коли існує вплив зовнішніх факторів, таких як температура, тиск, агресивне середовище тощо;

– вимірювання параметрів механічних коливань деталей та конструкцій за умов високих динамічних навантажень, які виникають при проведенні вібраційних випробувань;

– вимірювання параметрів механічних коливань під час метрологічної атестації вібро вимірювальної апаратури.

Найпоширенішою одиницею акустичного вимірювання звуку є децибел (дБ), однак деякі шумоміри також визначають еквівалентний безперервний рівень звуку (Leq) та інші акустичні параметри.

Більшість вимірювань шуму обмежено максимальним рівнем звукового тиску в діапазоні від 140 до 150 дБ, але, існує ряд потреб, таких як вимірювання пострілу, шуму розкриття повітряної подушки тощо, які потребують вимірювань флуктуацій динамічного тиску, відповідного рівня звукового тиску вище 160 дБ, що характерно для проведення високо інтенсивних випробувань.

ЗАСТОСУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ТА ДАТЧИКІВ ВІБРАЦІЙ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ВІДНОВЛЕНИХ ТА МОДИФІКОВАНИХ ВЕРТОЛЬОТІВ

*О.Є. Кузьміч; П.Л. Аркушенко, к.т.н., ст.д.; М.В. Андрушко
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Під час відсічі широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України є істотною необхідністю в інтенсивному застосуванні вертольотів різного цільового призначення для вирішення завдань підтримки наземних сил оборони України.

В ході аналізу досвіду експлуатації вертолітного парку під час ведення бойових дій з'ясована необхідність, з метою покращення бойових характеристик та підвищення живучості, встановлення додаткового обладнання (кулеметів, пускових контейнерів, обладнання РЕБ, модернізованих екрановихлопних пристроїв та теплових пасток тощо).

Встановлення додаткових специфічних кріплень на фюзеляжі вертольота спричиняє зміни в повітряному потоці вздовж хвостової балки та горизонтального стабілізатора, що в свою чергу потенційно може вплинути, як

на льотно-технічні характеристики так і спричиняти додаткове вібраційне навантаження на хвостову балку вертольота, що є дуже критичним.

Для отримання числових значень вібраційних навантажень вздовж хвостової балки та горизонтального стабілізатора потрібно встановити акселерометри, які будуть перетворювати вібрацію в електричний сигнал і видавати його на систему бортових вимірювань.

З метою розуміння можливого впливу внесених змін (різні не стандартні варіанти зовнішньої підвіски та встановленого додаткового обладнання) виникає необхідність в проведенні випробувань, з залученням модифікованого і не модифікованого вертольота, під час яких буде надано відповідь на скільки суттєво збільшились вібраційні навантаження при роботі на землі та на всіх експлуатаційних режимах польоту в залежності від варіантів застосованої підвіски та встановлених пристроїв.

На початку наземних випробувань необхідно провести детальний аналіз поведінки хвостової частини вертольота в сукупності з встановленим додатковим зовнішнім обладнанням.

Дані тести повинні підтвердити структурний вплив конструктивних змін в навісному обладнанні вертольота на всіх передбачених режимах польоту.

Під час льотної частини випробувань потрібно перевірити вплив встановленого додаткового навісного обладнання і встановлених пристроїв на хвостову частину вертольота.

З метою забезпечення порівняльних результатів завдання на політ повинно охоплювати весь експлуатаційний діапазон по швидкості, висоті, крену та тангажу. Екіпажу повітряного судна необхідно виконати дане завдання на політ, як з встановленим додатковим обладнанням так і без нього. Це дозволить обґрунтовано оцінити наслідки модифікацій.

Проведення такого роду випробувань дозволить відпрацювати обґрунтовані рекомендації, визначені критичні режими та внести відповідні зміни до керівництва з льотної експлуатації, що дозволить більш безпечно експлуатувати модифікований вертоліт.

ПОГЛЯДИ НА ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БОРТОВИХ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ БПЛА РОЗВІДКИ ТА КОРЕГУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЇ

А.П. Мельник¹; В.О. Супрун²

¹Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії;

²Сумський державний університет

Відбиття російської агресії вкотре доводить ефективність застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) розвідки та корегування вогню.

Ефективність застосування, перш за все, пов'язана з радіусом дії зазначених БПЛА, часом знаходження в повітрі, а також можливістю щодо розвідки (дорозвідки) та розпізнавання на місцевості об'єктів (цілей) противника. У свою чергу, реалізація можливостей БПЛА щодо розвідки пов'язана з оснащенням їх сучасними оптико-електронними системами та бортовими системами розпізнавання (БСР).

На сьогодні основні напрямки підвищення функціональності БСР пов'язані з підвищенням ефективності і точності розпізнавання об'єктів, адаптації до умов обстановки та збільшення автономності, що досягається за рахунок впровадження штучного інтелекту.

Авторами аналізується напрямок, пов'язаний з глибоким навчанням БСР, який базується на реалізації таких нейронних мереж, як:

– конволюційні нейронні мережі (CNN), реалізація яких дозволяє автоматично і з високою точністю виявляти, класифікувати та відстежувати об'єкти в складних умовах, таких як туман, дим, слабка освітленість тощо, що є критично важливим у сучасних умовах;

– рекурентні нейронні мережі (RNN), реалізація яких забезпечує оброблення відеопотоків, сенсорних даних та радіолокаційних сигналів у режимі реального часу, що дозволяє покращити точність виявлення.

КОМПЛЕКСНІ МОНІТОРИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ФРАГМЕНТІВ ЗРАЗКІВ ПЛАНЕРУ БПЛА ГЕРАНЬ-2 РІЗНИХ СЕРІЙ

Л.Ю. Новосад, к.т.н., с.н.с.

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння
та військової техніки Збройних Сил України*

У ході проведення досліджень були проаналізовані особливості структури зразків, склад полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), їх властивості.

ПКМ БпЛА Герань-2 різних серій є композити з аморфною полімерною матрицею різного ступеня структуризації та різними наповнювачами, покритим шаром з фарбою (зокрема, гелкоут). Шари вуглепластика, що містять 3-4 шари односпрямованих вуглецевих волокон з ПАН прекурсорів, укладених під кутом 90° (взаємно перпендикулярно), односпрямованих стрічок, укладених під кутом 45°, шари склотканини полотняного переплетення.

Проведені дослідження електро-фізичних властивостей ПКМ, проведені вимірювання опромінювання композиційних матеріалів, а також розрахунки зміни електромагнітних властивостей матеріалів БпЛА при зміні складу ПКМ конструкції у діапазоні частот від 3 ГГц до 16 ГГц.

Дослідження, які здійснювались при кутовому відбитті сигналу та результати розрахунків показали, що матеріали, які виготовлені з застосуванням вуглецевих волокон, володіють високим рівнем відбиття сигналу та незначною мірою поступаються металевим зразкам. Даний ефект, ймовірно, пояснюється високим значенням діелектричної проникності композитного матеріалу.

В подальшому, отримані результати можуть бути враховані при формуванні рекомендацій при розробленні вітчизняних перспективних БпЛА.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

В.Я. Поплавський

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

На даний час безпілотні авіаційні комплекси (далі – БпАК) БпАК активно застосовуються Силами оборони України. Противник достатньо ефективно впроваджує заходи маскуванню позицій, об'єктів, військової техніки. Крім

того, спостерігається інтенсивна робота засобів радіоелектронної боротьби противника.

Основним напрямком вирішення завдань щодо отримання достовірної розвідувальної інформації є застосування БпАК вітчизняного виробництва, які повинні мати такі властивості:

фізеляж та конструктивні елементи безпілотного літального апарату (далі – БпЛА), бортова авіоніка повинні витримувати багатократні навантаження (зліт-приземлення, удари), влучання куль, тощо;

цільове навантаження БпАК (видові та параметричні системи повітряної розвідки, спеціальне обладнання) повинні відповідати якісним та кількісним вимогам Збройних Сил України;

БпАК повинен виконувати завдання у визначених діапазонах висот та швидкостей, мати визначені параметри дальності (зокрема дальності дії каналів прийому та передачі даних з борту БпЛА), тривалості польоту, ефективну площу розсіювання, тощо;

апаратура каналів прийому та передачі даних з борту БпЛА повинна бути цифровою, завадозахищеною;

апаратура БпАК повинна забезпечувати автоматичне визначення координат цілей з необхідною точністю;

БпАК повинен функціонувати вдень та вночі, в простих та складних метеоумовах, при дії ворожожї системи протиповітряної оборони та постановки радіоелектронних перешкод.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ “САУ-БПЛА-ЛА” У БОКОВОМУ КАНАЛІ ПРИ ПОЛЬОТІ У ЦІЛЬНИХ БОЙОВИХ ПОРЯДКАХ

А.Л. Зірка, к.т.н., ст.д.; О.О. Расстригін, д.т.н., проф.

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Дослідження та визначення параметрів руху БпЛА при польоті у щільних бойових порядках з пілотованим літаком що веде є складним та новим науковим завданням. Одним з варіантів рішення такого завдання може ґрунтуватись на застосуванні загальних методів теорії оптимальних процесів управління.

Доречі, Реалізація такого режиму польоту можна певним чином сподобити з польотом на дозаправлення літаків у повітрі, де, як свідчить досвід таких польотів, найбільші складнощі пов’язані з небезпечною потрапляння ЛА у супутній слід літака-танкера, а також запобігання імовірного їх зіткнення. У зв’язку з цим на практиці чітко регламентується значення відносної швидкості зближення літаків, інтервалу між ними, пониження, дистанції між літаками на кожному із етапів.

Раніше було продемонстровано, що наявність супутнього сліду за ЛА є слідством сходу з несучих поверхонь вихрової пелени та згорання її у парні вихрові джугути за літаком, що простираються на значні відстані у порівнянні з лінійними розмірами самого ЛА. Наявність вихрових рухів в районі їх існування будуть впливати на стабільність руху, перш за все, у боковому каналі, тому витримування безпечних відстаней по фронту та глибині бойового порядку для забезпечення безпеки польоту стає дуже актуальним та важливим.

Далі наведено математична модель наведеної динамічної системи у боковому каналі у процесі польоту у щільних бойових порядках та результати досліджень динамічних властивостей при оцінці впливу збурюваних факторів на БпЛА з урахуванням реакції його САУ в каналі бокового управління.

ВИКОРИСТАННЯ СПУФІНГУ ЯК ЧАСТИНИ КОМПЛЕКСУ ЗАХОДІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ КОПТЕРНОГО ТИПУ (FPV) ПРОТИВНИКА

С.І. Богдан; С.О. Поринос; О.А. Дмитрієнко

*Науково-дослідний відділ підготовки експериментально-бойових підрозділів
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки*

В умовах стрімкої еволюції сучасних технологій та зростання загроз електронного характеру, радіоелектронна боротьба (РЕБ) стає важливим елементом військової стратегії та безпеки країни. На сьогодні з урахуванням досвіду ведення бойових дій в Україні особлива увага приділяється питанню практичного застосування засобів радіоелектронної боротьби та спуфінгу, як одного зі способів ефективної боротьби з безпілотними літальними апаратами противника.

Актуальність дослідження обумовлена можливістю покращити військово-економічну ефективність використання засобів радіоелектронної боротьби та зменшити відсоток успішно завершених завдань безпілотними літальними апаратами (FPV) противника.

А в підсумку з узагальненням та аналізом досвіду використання (FPV) та спуфінгу, як одного з ефективних засобів радіоелектронної боротьби в бойових умовах допоможе в створенні методик та процедур практичної протидії впливу засобів радіоелектронної боротьби дасть змогу покращити військово-економічну ефективність безпілотних апаратів коптерного типу, їх живучість та результативність при виконанні бойових завдань, дослідити можливості і варіативність використання противником методів боротьби зі спуфінгом та результативність наших засобів радіоелектронної боротьби.

ЕВОЛЮЦІЯ КЕРОВАНИХ АвіАЦІЙНИХ БОМБ В УМОВАХ ВІЙНИ: ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД

Л.М. Кірдей; С.А. Калетнік; О.О. Гончаренко, к.е.н., доц.

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Застосування керованих авіаційних бомб (КАБ) під час війни не є новаторством у сфері авіаційних засобів ураження. КАБ є високоточною зброєю зі значним руйнівним ефектом, коефіцієнт наповнення якої становить 0,4-0,7 (для керованих авіаційних ракет – 0,2-0,4), а вартість є відносно невисокою (GBU-12 Paveway II – 22 тис., Hydra 70 APKWS – 30 тис. дол.). В Україні росія вперше застосувала КАБ ще на початку повномасштабного вторгнення, а з 2024 року розпочались масовані атаки (в середньому 40 одиниць щодня). Наразі ворог використовує таку номенклатуру КАБів: УПАБ-1500В, “Гром-Э2”, бомба-гібрид “Гром-Э1”, касетна бомба “Дрель”, а також

універсальні модулі планування та корекції, до складу яких входять фугасні авіаційні бомби (АБ) калібру від 250 до 3000 кг. На противагу, Україна в рамках міжнародної допомоги, одержала КАБи іноземного виробництва, а також розгорнула виробництво власних “розумних бомб”. Основними задачами при розробці КАБів є забезпечення заданої точності та збільшення дальності. Наявність залишків радянських АБ ОФАБ-100-120, ОФАБ-250Т, ФАБ-250-М62, ФАБ-500Т обумовило економічну доцільність використання їх як базових компонентів КАБів. Для забезпечення точності використовується система (модуль) зміни напрямку в процесі руху АБ (кориговані АБ). Збільшення дальності реалізується за допомогою висувних аеродинамічних поверхонь – комплектів (модулів) планування (планеруючі АБ). Перспективним напрямком вітчизняного розвитку є оснащення АБ турбореактивним двигуном (бомби-гібриди), що забезпечить збільшення дальності їх польоту до 500 км та реалізацію воєнних превентивних заходів на території агресора.

ПЕРСПЕКТИВА ЗАСТОСУВАННЯ СЕТ-ШИФРУВАННЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ РОБОТИЗОВАНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

*Г.М. Гапоненко¹, к.пед.н.; О.О. Добрянський¹; Л.Ф. Коломиць¹;
Н.П. Гапоненко²*

¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки;

²Відокремлений структурний підрозділ Кам'янець-Подільський фаховий коледж навчально-реабілітаційного закладу вищої освіти “КПДІ”

Початок повномасштабної агресії з боку РФ спонукав українців до створення багатьох видів роботизованих комплексів (систем) військового призначення. Одним із таких способів є перехоплення управління роботизованими комплексами через застосування спуфінгу. Несанкційне втручання в системи управління суттєво знижує ефективність застосування роботизованих комплексів (систем) на полі бою та призводить до загибелі наших бійців. Виникає гостра необхідність у створенні ефективної системи протидії ворожому перехопленню управління роботизованим комплексом.

Останні досягнення в сфері застосування робототехніки в збройній боротьбі знайшли своє відображення в конструктивному рішенні застосування СЕТ шифрування каналу управління роботизованими комплексами та шифрування інформаційних сигналів між станцією управління та роботизованим комплексом.

Одним із способів реалізації покращення шифрування інформації каналів управління, передачі зашифрованої інформації відеосигналів та зв'язку в мережі для роботизованих комплексів (систем) повітряного, наземного та морського базування, які розробляються та використовуються в Збройних Силах України, вбачається в реалізації дослідження за напрямом малоресурсного СЕТ-шифрування.

Малоресурсне СЕТ-шифрування та використання протоколів стійких до радіоперешкод є одним з перспективних методів захисту системи управління роботизованих комплексів (систем).

АДАПТАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ РАКЕТ SIDEWINDER

*С.А. Калетнік; О.О. Гончаренко, к.е.н., доц.; Є.В. Пісклов
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Розширення потенціалу національної оборони забезпечується, в тому числі, за рахунок міжнародної військової допомоги у формі поставок керованих авіаційних ракет (КАР) класу “повітря-повітря”. Так, під час повномасштабного вторгнення росії Україна отримала від США, Канади і Німеччини КАР типу AIM-9 Sidewinder, які є уніфікованим засобом ураження повітряних цілей за рахунок можливості використання його з різних платформ. З моменту створення КАР AIM-9 Sidewinder отримала значну кількість модернізацій, більшість з яких вже не знаходяться на озброєнні країн НАТО. Найпоширенішою модифікацією, яку отримала Україна, є КАР типу AIM-9 Sidewinder з підвищеною стійкістю до теплових пасток; вдосконаленою інфрачервоною головною самонаведення; високою точністю і ефективністю у повітряному бою; можливістю інтеграції в системи ППО. Для її транспортування та застосування використовується пусковий пристрій типу LAU-7, який може застосовуватись на винищувачах, штурмовиках, вертольотах. Проте, використання КАР типу AIM-9 Sidewinder з пусковим пристроєм LAU-7 авіацією Повітряних Сил та армійською авіацією Сухопутних військ ЗС України неможливе без інтеграції у систему управління озброєнням літака або вертольоту, що передбачає необхідність розроблення, виготовлення, випробування і допуску до експлуатації перехідних пристроїв з такими елементами: перехідні пристрої з елементами кріплення до повітряного судна; блоки керування та спряження з перехідними джгутами (інтегровані у перехідні пристрої). Реалізація заходів з інтеграції КАР типу AIM-9 Sidewinder в українську систему оборони сприятиме підвищенню ефективності захисту від повітряних загроз.

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПОКАЗНИКА СТУПЕНЮ ПРИСТΟΣОВАНOSTІ БПЛА ДЛЯ УРАЖЕННЯ НАЗЕМНИХ ОБ’ЄКТІВ В ОПЕРАТИВНІЙ (ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНІЙ) ГЛИБИНІ

*М.В. Комаров; М.В. Науменко, д.т.н., с.н.с.
Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Планування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) до бойового використання щодо ураження наземних об’єктів в оперативній (оперативно-тактичній) глибині, відповідно до прогнозованих сценаріїв застосування Сил оборони України, передбачає обґрунтований розрахунок потрібної кількості та визначення їх певних типів для виконання бойового завдання при встановленому рівні ефективності, який можна оцінити із використанням такого узагальненого показника ефективності бойового застосування зразків ОВТ, як коефіцієнт бойового потенціалу.

Коефіцієнт бойового потенціалу БПЛА, як показник ступеню пристосованості БПЛА для ураження наземних об’єктів в оперативній (оперативно-тактичній) глибині, відповідно до відомих методичних підходів щодо обґрунтування його кількісних оцінок може бути

представлений у вигляді добутку ймовірностей виконання окремих підетапів бойового завдання, кожен з яких характеризується окремим узагальненим показником ступеню пристосованості БпЛА до виконання певної складової бойової задачі.

Розробка науково-методичного апарату побудови математичної моделі коефіцієнту бойового потенціалу БпЛА передбачає обґрунтування факторного простору – множини факторів (показників тактико-технічних характеристик БпЛА), що описують потенційні можливості БпЛА щодо ураження наземних об'єктів в оперативній (оперативно-тактичній) глибині. Ці фактори будуть використані при обґрунтуванні функціональної залежності між ними та показником бойового потенціалу.

МОДЕЛІ ПОБУДОВИ РОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СИГНАТУР ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОЗБРОЄННЯ

А.В. Тристан¹, д.т.н., проф.; А.В. Шулежко¹; В.В. Шулежко², к.військ.н., доц.

*¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки;*

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

У сучасних умовах розвитку високотехнологічного озброєння зростають вимоги до випробувань, які повинні забезпечити точну оцінку характеристик техніки в умовах реальних чи наближених до бойових. Застосування рою безпілотних літальних апаратів (БпЛА) відкриває нові можливості для формування сигнатур та моделювання обстановки, що відповідає бойовим сценаріям.

Моделі побудови рою БпЛА базуються на інтеграції штучного інтелекту (ШІ), алгоритмів самоорганізації та децентралізованих систем управління, що дозволяє роєві функціонувати автономно навіть за умов втрати окремих елементів. Основними аспектами, що враховуються під час розробки таких моделей, є:

Адаптивність до змінних умов середовища. Рій здатен змінювати конфігурацію та траєкторії польоту в реальному часі, враховуючи зовнішні перешкоди, такі як радіоелектронні впливи чи складні погодні умови.

Децентралізоване управління. Алгоритми забезпечують координацію дій між апаратами без централізованого контролера, що підвищує стійкість системи до зовнішніх впливів та покращує гнучкість у виконанні завдань.

Оптимізація просторової конфігурації рою. Використання спеціальних алгоритмів дозволяє досягти рівномірного розподілу БпЛА в просторі для покриття заданих областей або виконання маневрів.

Моделі також включають механізми прогнозування поведінки рою у складних умовах, що дозволяє врахувати можливі збої у комунікації, вплив перешкод або втрату окремих елементів системи.

Застосування рою БпЛА забезпечує високу точність формування сигнатур та знижує витрати на технічне забезпечення випробувань. Основними перевагами є підвищення швидкості виконання завдань, масштабованість системи та зниження впливу людського фактора.

Запропоновані моделі побудови рою мають практичне значення для розробки новітніх методів випробування озброєння та військової техніки. Вони можуть бути адаптовані для виконання широкого спектру завдань, включаючи розвідку, патрулювання та оперативне реагування на загрози.

ГЛИБИННЕ МАШИННЕ НАВЧАННЯ У ФОРМУВАННІ АДАПТИВНИХ ТЕСТОВИХ ВИБІРОК ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РОЯМИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*О.М. Дмитрієв, д.т.н., проф.; Е.К. Чимбанга; І.В. Калниболотчук
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Глибинне машинне навчання є ключовим елементом у процесі розробки адаптивних алгоритмів управління роями безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Його застосування дозволяє підвищити ефективність ухвалення рішень, забезпечити автономність та адаптивність рою до змін навколишнього середовища. Глибинні нейронні мережі дозволяють моделювати складні взаємодії між елементами рою, аналізувати динамічні зміни та прогнозувати можливі сценарії розвитку бойової ситуації.

Процес навчання моделей глибинного машинного навчання базується на великому обсязі тестових вибірок, що включають дані про різноманітні сценарії польоту, типові та аномальні ситуації, а також змінні фактори впливу. Нейромеревеві моделі здатні виявляти приховані закономірності, що визначають оптимальні стратегії координації дій рою в реальному часі. Зокрема, використання згорткових нейронних мереж сприяє ефективному аналізу візуальних даних, тоді як рекурентні нейронні мережі дозволяють прогнозувати зміну динамічних параметрів у часі.

Застосування глибинного машинного навчання забезпечує підвищену точність і швидкість обробки вхідної інформації, що сприяє оперативному коригуванню тактичних рішень. Адаптивність нейромеревевих моделей дає змогу рою швидко адаптуватися до нових загроз і непередбачуваних ситуацій, що є критично важливим для успішного виконання бойових завдань. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення процесу навчання нейронних мереж у реальному часі та оптимізацію їхньої взаємодії з іншими елементами системи управління БпЛА.

ТАКТИКО-ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЯК ФАКТОР ЗБЕРЕЖЕННЯ БОЄЗДАТНОСТІ

*І.А. Пількевич, д.т.н., проф.; І.А. Омельчук, І.В. Свистунович
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

У доповіді проаналізовано конструктивні особливості різних типів літальних апаратів, з огляду їх рухливості та маневреності.

Показано зв'язок рухливості та маневреності з імовірністю ураження літального апарата, та окреслено шляхи дослідження сервоприводів, що застосовують для побудови безпілотних літальних апаратів, а також особливості їх конструкції та використання для забезпечення вимог маневрування, що дасть змогу апарату бути найменш вразливим для систем ППО противника.

У публікації Валерія Залужного “Ф’ютчерс розвитку безпілотних систем Збройних сил України” MilitaryScience, Vol. 2, No. 1(2024) викладено перспективні напрями розвитку безпілотних систем як єдиного механізму “рою”, що об’єднує в собі декілька апаратів, які виконують одну бойову задачу. З огляду на це, питання рухливості та маневреності літальних апаратів

постає на перше місце, бо є ключовим при автоматичному виведенні на ціль безпілотного комплексу.

Також у Збірнику наукових праць державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, вип. 3(21) розглянуто математичні моделі обрахунку імовірності ураження повітряних цілей при стрільбі ракетою з телевізійним оптичним візором бойової машини, де також фактор швидкості літального апарата є ключовим для зменшення його вразливості. З урахуванням вказаного вище, у доповіді окреслено шляхи вдосконалення (покращення) динаміки переставляння кермових поверхонь літальних апаратів та напрямки вдосконалення сервоприводів, рушіїв літального апарата для подальших досліджень.

ТАКТИКА ЗНИЩЕННЯ ВОРОЖИХ ТАКТИЧНИХ ГРУП ПІХОТИ ПІДРОЗДІЛАМИ СИЛ БЕЗПЛОТНИХ СИСТЕМ

І.А. Данилюк, к.т.н., доц.; В.В. Куцаєв; І.В. Цимбал

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

На сьогоднішній день під час війни України з РФ противник використовує тактику м'ясних штурмів великою кількістю тактичних груп піхоти (ТГП), яка, на жаль, виявляється ефективною, завдяки недостатній кількості сил та засобів Сил оборони України. Для протидії вказаній ворожій тактиці автори пропонують тактику використання спеціалізованих Ланок сил безпілотних систем (СБС) для знищення ворожих ТГП.

Запропонована тактика передбачає вирішення наступних завдань: 1. Завчасне виявлення висування ворожих ТГП. Спостереження здійснює особовий склад бойового розрахунку спостерігачів-операторів СБС з використанням розвідувальних БпЛА та спеціального програмного забезпечення ситуаційної обізнаності, таких як: “Вежа”, “Очі”, “Термінал”, “Дельта”, “Кропива”, “Віраж планшет”, “Griselda” та інші. 2. Попередній розрахунок характеристик ворожого наступу: місця (позиції), маршрути пересування, час, напрямки наступу, чисельність та інше за допомогою спеціалізованих БпЛА. 3. Застосування спеціалізованих Ланок БпЛА з використанням наступної тактики, яка може складатися з наступних фаз: Фаза-1. Ланка-1 здійснює упереджуюче виявлення висування ТГП на транспорті за допомогою розвідувальних БпЛА. Фаза-2. Ланка-2 здійснює полювання на ворожі ТГП для знищення їх ще на етапі висування ТГП на транспорті в зону бойових дій. Фаза-3. Ланка-3 використовується для спостереження за тактичними мікро-групами піхоти (ТМГП). При цьому доцільно попередньо забезпечити обстріл зони розосередження ТМГП артилерійськими та касетними засобами ураження. Фаза-4. Ланка-4 використовується для зачистки місцевості від ТМГП. Фаза-5. Спостереження за залишками ТМГП, яке здійснює Ланка-3. Фаза-6. Ланка-4 здійснює вибіркові атаки на розпоршені ТМГП до їх повного знищення.

Таким чином, запропонована авторами тактика бою в умовах чисельної переваги ворога, забезпечить ефективне знищення ворожих ТГП підрозділами СБС, які знаходяться в укриттях. Автори вважають, що продовження масштабування та застосування СБС на порядок переломить хід війни на користь України.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПОГЛИНАЮЧИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЛІТАЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ

*Ю.О. Колос, к.т.н., доц.; Н.М. Карацук, к.т.н., доц.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Досвід сучасної війни свідчить про широке використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для ведення розвідки, нанесення вогневого ураження противника, з одного боку, використання радіолокаційних станцій (РЛС) для виявлення БПЛА і наведення на них засобів ураження. Для підвищення живучості БПЛА важливо зменшувати ймовірність його виявлення радіолокаційними засобами. Одним із шляхів досягнення малопомітності літальних апаратів є застосування поглинальних та розсіювальних матеріалів, що приводить до зменшення ефективної поверхні розсіювання. Важливим етапом розробки та впровадження поглинальних та розсіювальних матеріалів є експериментальне дослідження ефективності таких покриттів. Тому актуальним є розгляд методики і результатів експериментального дослідження поглинаючих покриттів для літаючих об'єктів (ЛО).

Розглядаються фізичні та методичні основи дослідження. Наводяться результати експериментальних вимірювань густини потоку потужності (в $\text{мкВт}/\text{м}^2$), яка відбивається від елементів поверхні ЛО та проходить через елементи об'єкта для випадків відсутності та наявності різних покриттів на частотах: 4-4,1 ГГц; 5-5,1 ГГц. Показником ефективності є відносні значення потужностей відбитих від ЛО без покриття та з різними покриттями. Представляються результати експериментальних вимірювань потужностей відбитих радіохвиль на частотах 9 ГГц, 9,92 ГГц при зміні ракурсів, поляризації, відстані. Надаються висновки щодо ефективності застосування поглинаючих покриттів, що досліджувались.

КАСТОМІЗАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ ТА ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИПРОБУВАННЯ

*О.І. Потапов; Ю.В. Резніков, к.т.н., с.н.с.; Є.О. Гузій; А.Ю. Садаєв
Державний науково-дослідний інституту випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

На даній час війни безпілотні літальні апарати (далі – БПЛА) стали невід'ємною частиною ведення бойових дій та виконання логістичних задач. Однак, у деяких випадках моделі БПЛА не відповідають специфічним військовим вимогам виконання бойових завдань (наприклад, модель БПЛА Mavic 3). Тому виникає потреба адаптації (кастомізації) під існуючі задачі. В той же час кастомізовані моделі вимагають їх досконалої перевірки (тестування) за відповідними програмами та методиками випробувань.

Таким чином, актуальним є завдання з вивчення можливостей кастомізації БПЛА та розробки методик їх тестування. Вирішення цього завдання потребує:

– проведення аналізу доступних технологій кастомізації;

- дослідження прикладів практичного налаштування БПЛА;
- розроблення рекомендацій для ефективної кастомізації;
- розроблення рекомендацій в програми та методики випробувань.

Кастомізація БПЛА включає:

- апаратні покращення: зміна моторів, акумуляторних блоків живлення, тощо;
- розробку програмного забезпечення: налаштування алгоритмів польоту, маршрутизації та автономності;
- організацію схем встановлення датчиків та модулів: встановлення камер високої роздільної здатності, тепловізорів, лідарів;
- розробку методів захисту від ворожих РЕБ/РЕП.

Кастомізація може проводитись наступними способами:

- застосуванням модульних конструкцій (використання стандартних кріплень для швидкої зміни деталей);
- створенням спеціальних програмних налаштувань (створення унікальних функцій);
- застосуванням спеціалізованих модулів (додавання пристроїв для збору даних, доставки вантажів або виконання інших завдань).

Практичною частиною дослідження було здійснено кастомізацію БПЛА типу Mavic 3, а саме:

- встановлено збільшений акумуляторний блок живлення для збільшення часу польоту;
- додано камеру з високою роздільною здатністю для точної аерофотозйомки;
- налаштовано спеціальне програмне забезпечення (далі – СПЗ) для автоматичного обльоту перешкод та зміни роботи частот керування БПЛА.

Результати випробувань показали збільшення часу польоту на 20-30% і покращення точності зйомки на 30-40%.

Таким чином, кастомізація БПЛА є перспективним напрямком розвитку, який призведе до адаптації БПЛА до складних задач. У майбутньому розробка та розвиток модульних систем і покращення СПЗ зроблять процес ще доступнішим.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ СУМІСНОЇ РОБОТИ СВІТЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ОКУЛЯРАМИ НІЧНОГО БАЧЕННЯ

В.В. Коломієць; С.В. Запорожець, к.е.н., доц.;
Ю.В. Жежерун, к.е.н., доц.; Б.А. Ступка, д.філос.

*Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Сумісна робота світлотехнічного обладнання літального апарату (далі – ЛА) з окулярами нічного бачення (далі – ОНБ) передбачає адаптацію підсвічування кабіни та зовнішнього освітлення до характеристик ОНБ, щоб забезпечити нормальну роботу льотного екіпажу в умовах недостатньої освітленості. ОНБ призначені для покращення видимості в умовах низької освітленості та працюють за допомогою посилення слабкого світла (в тому числі в інфрачервоному спектрі).

Освітлення приладів і панелей має відповідати вимогам "NVG-compatible" (сумісності з ОНБ) та бути затемненим або виконаним у вузькому спектрі (наприклад, зелений або темно-синій колір). Зовнішнє освітлення

повинне мати режими роботи, які не заважають роботі ОНБ. Удосконалення світлотехнічного обладнання літальних апаратів можливо лише шляхом переходу на сучасні джерела світла.

Модель сумісної роботи світлотехнічного обладнання ЛА з ОНБ включає кілька ключових компонентів, що взаємодіють між собою для забезпечення оптимальної видимості та безпеки під час польотів в умовах низької освітленості. така модель дає уявлення про основні компоненти та вимоги до сумісної роботи світлотехнічного обладнання ЛА та ОНБ для забезпечення безпеки та ефективності польотів у темряві та складних умовах.

Розуміння вимог та аспектів сумісної роботи ОНБ та світлотехнічного обладнання ЛА розробленої моделі стає ключовим для забезпечення безпеки та успішності польотів, особливо в умовах обмеженої видимості.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТРЕБИ СТВОРЕННЯ АВІАЦІЙНОЇ КЕРОВАНОЇ РАКЕТИ ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ УРАЖЕННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*О.М. Каплюк; Є.В. Гончаренко, д.філос.
Національний університет оборони України*

На даний час, спостерігається тенденція до збільшення інтенсивності застосування противником ударних БпЛА великої дальності, що потребує залучення широкого кола сил і засобів для їх перехоплення, в тому числі і літаків-винишувачів.

Застосування винишувачами сучасних зразків авіаційних керованих ракет класу “повітря-повітря”, характеристики яких дозволяють перехоплювати швидкісні високومانевренні цілі на значних відстанях по відносно повільним і маломаневрним ударним БпЛА є економічно не виправданим, через неспівставну вартість засобу ураження та цілі. Це обґрунтовує потребу наукового пошуку, щодо створення зразка авіаційної керованої ракети класу “повітря-повітря” призначеної для ураження БпЛА.

Однією з перспективних концепцій є ракета, зі зменшеною дальністю застосування обладнана телевізійною головкою самонаведення та бойовою частиною кінетичного типу. Використання таких технічних рішень сприятиме зниженню вартості, у порівнянні з існуючими зразками.

Реалізація концепції авіаційної керованої ракети класу “повітря-повітря” малої дальності призначеної для ураження БпЛА забезпечить підвищення ефективності ураження ударних БпЛА за показником досягнутого ефекту до затрачених ресурсів.

ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РАДІОСТАНЦІЇ HARRIS RF-7850A-MR ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ

*Ю.В. Жежерун, к.е.н., доц.; Б.А. Ступка, к.т.н.; Р.В. Місценко; О.М. Походенко
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Комплексна перевірка працездатності та якості функціонування радіостанції Harris RF-7850A-MR передбачає проведення перевірки за допомогою системи вбудованого контролю, перевірки якості радіозв'язку, перевірки працездатності при використанні зашифрованих каналів зв'язку,

перевірки можливості передачі/ отримання текстових (голосових) повідомлень, перевірки можливості вибору кроку сітки частот радіостанції, перевірки функціонування радіостанції в режимі аварійного маяка, перевірки наявного програмного забезпечення та можливості його оновлення.

Комплексна перевірка працездатності та якості функціонування радіостанції Harris RF-7850A-MR здійснюється за допомогою клавішно-дисплейного пульта KDU. Перевірка якості радіозв'язку здійснюється на запрограмованих каналах в різних режимах роботи з використанням переносної радіостанції Harris RF-7850M-HH001 на землі. Оцінка працездатності в умовах дії засобів РЕБ здійснюється при використанні радіостанції P-844M в якості засобу постановки широкосмужової завади аналоговому каналу радіостанції RF-7850A-MR під час перевірки якості та стійкості радіозв'язку з наземною радіостанцією. Радіостанція P-844M знаходиться на відстані від літака МиГ-29. Сканування та перевірка частоти роботи радіостанції RF-7850A-MR здійснюється за допомогою широкосмужового радіоприймача аналогового та цифрового сигналу типу RTL-SDR V4. Радіостанція RF-7850A-MR не працює в режимі автоматичного прийому сигналів аварійних радіомаяків. Впливу на якість та стійкість радіозв'язку не виявлено.

ПОБУДОВА СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БПЛА

М.Г. Конвісар

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Бойовий досвід отриманий під час відбиття збройної агресії російської федерації проти України показав, що безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) відіграють важливу роль в отриманні розвідувальної інформації та здійсненні вогневого впливу на противника.

Бойові завдання із застосуванням безпілотних літальних апаратів (БпЛА) виконуються в умовах активної протидії, у тому числі із застосуванням засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) противником, що характеризуються раптовістю і цілеспрямованим застосуванням та сильно впливає на виконання завдань.

Наявних можливостей автопілотів недостатньо для управління БпЛА в складних умовах, а в окремих випадках неможливо оцінити руйнівний вплив засобів РЕБ противника на канали зв'язку та роботу БпЛА. Визначення технічного стану БпЛА внаслідок протидії противника та оцінювання такого впливу є непростим завданням, яке ускладнюється відсутністю математичної моделі, яка б враховувала параметри навколишнього середовища, різний вплив засобів РЕБ противника на бортові приймачі різних типів БпЛА.

Інтелектуалізація бортових систем управління БпЛА, що враховує особливості їх конструкції, дозволить підвищити точність розпізнавання бортовою системою особливих випадків польотів, своєчасно виявляти ураження засобами РЕБ, поточний технічний стан БпЛА тощо.

Для побудови систем розпізнавання технічного стану БпЛА доцільно використовувати метод формування набору даних для подальшого використання в системах штучного інтелекту, які використовують різні методи машинного навчання.

УПРАВЛІННЯ ПІД ЧАС СПІЛЬНОГО БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПІЛОТОВАНОЇ ТА БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ В ЗАГАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ОБ'ЄДНANOЇ ВОГНЕВОЇ ПІДТРИМКИ

Р.В. Мосійчук

Національний університет оборони України

У сучасних умовах ведення бойових дій важливу роль у забезпеченні ефективності операцій відіграє інтеграція різних бойових платформ та систем підтримки. Спільне застосування пілотованої та безпілотної авіації в загальній системі об'єднаної вогневої підтримки є одним із найбільш інноваційних і ефективних підходів до ведення сучасної війни.

Один із найбільших викликів при спільному застосуванні пілотованої та безпілотної авіації полягає в необхідності ефективної координації між різними бойовими підрозділами, авіаційними підрозділами та командними центрами. Всі елементи повинні діяти за єдиним планом, синхронізуючи свої дії і обмінюючись даними в реальному часі. Управління цією інтегрованою системою передбачає наявність єдиного командного пункту, де приймаються рішення щодо розподілу ресурсів і координації ударів.

Управління під час спільного бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації в загальній системі об'єднаної вогневої підтримки є надзвичайно складним, але життєво необхідним для досягнення максимальних результатів у сучасних військових операціях. Для успішного виконання операцій важливо є не тільки високоточна інтеграція даних та належна координація між різними бойовими платформами, але і здатність адаптації в умовах швидкої зміни обстановки.

Використання новітніх технологій управління, автоматизації систем та інтероперабельності платформ є ключем до ефективності спільного бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації в загальній системі об'єднаної вогневої підтримки.

МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СИГНАТУР ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОЗБРОЄННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

А.В. Шулежко¹; Н.М. Вовчанівська¹; О.Ю. Рогоуля²

¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Сучасний розвиток військової техніки потребує вдосконалення методів випробувань, які мають забезпечувати точне моделювання характеристик озброєння у реальних або наближених до бойових.

Формування сигнатур є ключовим етапом випробувань високотехнологічного озброєння, оскільки вони дозволяють моделювати характеристики техніки у реальних або наближених до бойових. Рій безпілотної літальних апаратів (БпЛА) є перспективним інструментом для створення радіолокаційних, теплових, акустичних та оптичних сигнатур завдяки своїй гнучкості, мобільності та автономності.

Моделі побудови сигнатур базуються на інтеграції алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) та децентралізованих систем управління. Це дозволяє розв'язати

БПЛА адаптуватися до умов середовища, виконувати складні маневри та синхронізувати дії для досягнення високої точності результатів. Моделі також враховують динамічне змінення параметрів рою та взаємодію між апаратами для оптимального покриття області випробувань.

Використання рою БПЛА значно підвищує ефективність випробувань. Зокрема, автоматизація та паралельність процесів дозволяють зменшити час на формування сигнатур, знизити витрати та підвищити надійність отриманих даних навіть за умов зовнішніх перешкод.

Впровадження таких моделей відкриває нові можливості для оцінки характеристик озброєння, оптимізації тактичних алгоритмів та вдосконалення підходів до випробування військової техніки. У майбутньому запропоновані методи можуть бути адаптовані для вирішення інших задач, таких як моніторинг, патрулювання та реагування на загрози.

МОДЕЛЬ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ АКУСТИЧНОГО АЛЬТИМЕТРА

А.В. Одновол; А.А. Могила, к.ф.-м.н.

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Вимірювання висоти підйому або висоти над рівнем моря, зокрема літальних апаратів, завжди актуальна та перспективна задача. Акустичні альтиметри локаційного типу використовують властивість акустичних хвиль відбиватися від поверхні поділу різних за щільністю середовищ.

У доповіді розглядаються моделі вимірювального каналу акустичного альтиметра з когерентною або некогерентною цифровою обробкою відбитих сигналів. Перевага віддається моделі некогерентного вимірювального каналу так як пристрої, що побудовані на їх основі простіші та дешевші. Відома модель імпульсного некогерентного локатора модернізована, що дозволило зменшити похибку вимірювання затримки за часом, а отже і висоти. Вища точність вимірювання висоти досягається вдалим сполученням вимірювання затримки відбитого коливання по фронту імпульсу (обвідній) та по фазі внутрішньо імпульсного заповнення. У доповіді розглядаються умови, котрим при цьому повинні відповідати параметри зондувального імпульсу та похибка вимірювання.

Приймач, що побудований на основі запропонованої моделі вимірювального каналу акустичного альтиметра виготовлено та перевірено в лабораторних умовах. Експериментально визначена похибка вимірювання висоти до поверхні, що відбиває.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІЛОТАЖНО-НАВІГАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

О.М. Походенко; Т.В. Паращенко, д.філос.;

В.О. Колесник; Р.В. Місценко

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Сучасний рівень розвитку пілотажно-навігаційних комплексів (далі – ПНК) характеризується постійним підвищенням рівня складності функцій які вони виконують. Цей факт визначає тенденцію, яка притаманна сучасним ПНК

та полягає у широкому використанні цифрового представлення інформації, що у свою чергу, формує новий рівень вимог до оцінки їх ефективності. В цих умовах особливо важливо мати у розпорядженні автоматизовану методіку кількісної оцінки ефективності ПНК.

Задача оцінки ефективності ПНК у теперішній час все частіше формується як задача комплексного дослідження складу ПНК, тактичних та технічних характеристик ПНК на усіх етапах життєвого циклу.

Розв'язання задачі кількісної оцінки ефективності ПНК може бути знайдено шляхом синтезу рішень елементарних задач оцінки ефективності, починаючи з оцінки ефективності елементів ПНК. При цьому результати часткових розв'язань є вихідними даними для отримання загальних оцінок ефективності. При постановці та розв'язанні усієї сукупності елементарних задач оцінки ефективності використовуються ті ж самі процедури та методи, які у сукупності складають поняття математичного забезпечення оцінки ефективності ПНК.

Основні положення доповіді містять методичні підходи до оцінки ефективності ПНК, формально представлені три методи формування узагальненого показника ефективності ПНК, які можуть бути закладені в основу математичного апарату методіки кількісної оцінки ефективності ПНК, а саме: метод формування песимістичної оцінки ефективності, метод формування середньої оцінки ефективності, метод формування оптимістичної оцінки ефективності.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ ПО ВИЯВЛЕННЮ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ПРОТИВНИКА

Т.В. Паращенко, д.філос.; О.М. Магу;

О.В. Даниленко; Г.В. Горбань; О.Г. Тулуб

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Проблема оцінки ефективності інформаційно-комунікаційної системи (ІКС) – задача комплексного дослідження складу, структури побудови, функціональних, тактичних та технічних можливостей ІКС для формування на усіх етапах життєвого циклу оптимальних рішень, пов'язаних з оцінкою ефективності ІКС.

Ефективність ІКС оцінюється приростом ефективності бойових дій військ (бойового застосування) при застосуванні даної ІКС.

Для кількісної оцінки ефективності ІКС за допомогою автоматизованого методу ІКС представляється у вигляді ієрархічної декомпозиції в термінах структурних елементів ІКС та їх функцій.

Задача оцінки ефективності ІКС препарується на ряд самостійних задач оцінки ефективності, спосіб постановки та вирішення яких є типовим, тобто інваріантним до складу задачі. Розв'язання задачі кількісної оцінки ефективності ІКС може бути знайдено шляхом синтезу рішень елементарних задач оцінки ефективності, починаючи з оцінки ефективності елементів ІКС. При цьому результати часткових розв'язань є вихідними даними для отримання загальних оцінок ефективності.

Нами була розроблена методика оцінки ефективності ІКС акустичного моніторингу шляхом розрахунку можливостей виявлення повітряної цілі через кількість виявлень за часом перебування цілі в зоні виявлення і кількістю датчиків.

ПІДХІД ДО КЛАСИФІКАЦІЇ БОЄПРИПАСІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*В.В. Стрінада, к.т.н., доц.; Д.А. Іщенко, к.т.н., доц.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

У сучасних війнах і збройних конфліктах суттєво зростає роль безпілотних авіаційних комплексів (далі – БпАК). Досвід російсько-української війни свідчить про різке збільшення кількості БпАК, що використовуються під час підготовки та ведення бойових дій. Якщо до початку повномасштабного вторгнення їх застосування обмежувалося веденням видової повітряної розвідки, то на цей час перелік завдань, виконання яких покладається на БпАК, значно збільшився і продовжує зростати. На сьогодні особливо актуальним є застосування БпАК підрозділами ЗС України для завдання ударів безпілотними літальними апаратами (далі – БпЛА) по цілях (об'єктах) противника. Одним із типів засобів ураження, що може застосовуватися на ударних (розвідувально-ударних) БпЛА багаторазового та разового застосування, є боеприпаси. У 2024 році Міністерство оборони України кодифікувало та допустило до експлуатації близько 70 зразків боеприпасів для БпЛА.

У таких умовах актуальним стає питання розроблення класифікації боеприпасів для ударних (розвідувально-ударних) БпЛА багаторазового та разового застосування. Так, серед нових зразків є уламково-фугасні, кумулятивні, комбінованої дії та багатоцільові боеприпаси, вони різняться за вагою: від кількох сотень грамів до понад кількох кілограмів.

Проаналізовано досвід застосування цих боеприпасів у широкомасштабній війні РФ проти України, їх цільове призначення, основні завдання, об'єкти (цілі), щодо яких вони можуть використовуватися, а також основні умови їх застосування. Проведено аналіз основних факторів, які впливають на формування ознак класифікації боеприпасів для ударних (розвідувально-ударних) БпЛА багаторазового та разового застосування.

СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ БПЛА ТИПУ FPV ДЛЯ УТРИМАННЯ РЕТРАНСЛЯТОРА У БОЙОВИХ УМОВАХ

*І. Кухарчук; Н. Бедрій
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Досвід російсько-української війни свідчить, що БпЛА I класу квадрокоптерного типу застосовуються обов'язково із закритих позицій (бліндажів, підвалів). Це спричинено необхідністю забезпечення безпеки екіпажу. В той же час, закриті позиції зменшують дальність радіозв'язку, що знижує ефективність керування БпЛА. Для усунення зазначеного недоліку в умовах бойових дій використовуються виносні антени або ретранслятори.

На сьогоднішній день більшість наявних на ринку ретрансляторів спроектовані для використання на таких БпЛА квадрокоптерного типу як : DJI

Matrice (30-300), Autel EVO MAX 4T, Mavic 3, що в свою чергу є дороговартісним.

Для зниження вартості таких систем доцільно розглянути використання БпЛА типу FPV як носія ретранслятора.

При цьому виникає проблема стабілізації БпЛА типу FPV для утримання ретранслятора у бойових умовах. Штатні програмно-апаратні засоби таких БпЛА не забезпечують в повній мірі вирішення даного завдання.

Тому, актуальним постає питання розроблення системи стабілізації БпЛА типу FPV. Запропонований пристрій складається з цифрової камери 5 Мп, Raspberry Pi Zero 2W та додаткового співпроцесора, який підключається до польотного контролера (TX, RX) за протоколом MavLink v2 (для ArduPilot) або MSP (для iNav, Betaflight). Додатково необхідно доопрацювати програмне забезпечення польотного контролера та співпроцесора.

Отже, запропонована система стабілізації БпЛА типу FPV для утримання ретранслятора має значний потенціал для військового застосування, дозволяючи знизити вартість використовуваних ресурсів.

ВИПРОБУВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*О.М. Походенко; Р.В. Місценко; В.О. Колесник; С.В. Запорожець, к.е.н., доц.
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Випробування радіотехнічних комплексів та бортового обладнання бойової авіації є складним і багатоаспектним процесом, який вимагає об'єктивного підтвердження високого рівня точності, надійності та відповідності зразків сучасним нормативним стандартам. Ці системи відіграють критичну роль у забезпеченні ефективної роботи пілотованих та безпілотних літальних апаратів, тому їхня працездатність вимагає ретельної перевірки у відповідності до встановлених умов та вимог.

В доповіді актуалізовано основні етапи та напрями проведення випробувань радіотехнічних комплексів та бортового обладнання, визначено особливості їх проведення як в типових (нормальних) умовах, так і в умовах низьких і високих температур, підвищеної вологості, сильних перевантажень, впливу засобів РЕБ. Зазначено, що сучасні радіотехнічні комплекси є високоінтегрованими системами та складаються з великої кількості комплексів, систем, обладнання, електронних компонентів, програмного забезпечення, тощо.

Це обґрунтовує доцільність пошуку нових підходів до проведення випробувань на умовах широкого застосування комп'ютерного моделювання, які дозволяють більш ефективно оцінювати працездатність радіотехнічних комплексів. Доцільним є запровадження інноваційних технологій, що дозволяють скоротити терміни проведення та вартість випробувань; організувати дослідження у вимірах, неможливих для відтворення в реальних умовах. При цьому доцільно застосовувати штучний інтелект для автоматизації процесу обробки даних, виявлення невідповідностей та надання інформації для прийняття рішень.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОТОЧНИХ
АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ (ВТБ) ЗА РАХУНОК
ОБЛАДНАННЯ БПАК МАЛОГАБАРИТНИМ ДАЛЕКОМІРОМ –
ЦІЛЕПОКАЖЧИКОМ**

Д.О. Сушинський

Науково-дослідний центр Ракетних військ і артилерії

Як показав досвід російсько-Української війни, необхідність застосування високоточних артилерійських боєприпасів обумовлена високою мобільністю сучасних бойових засобів, підвищенням їх захисних властивостей, а також особливостями ведення бойових дій в умовах густонаселених районів, у містах і промислових зонах з огляду на безпеку мирного населення та промислових об'єктів підвищеної небезпеки.

На даний час відомі ВТБ трьох поколінь, а саме:

боєприпаси, що використовують напівактивне лазерне самонаведення з підсвічуванням цілі лазерним цілепоказчиком-далекоміром (ЛЦД);

боєприпаси, оснащені активною радіолокаційною головкою самонаведення (ГСН) міліметрового діапазону або пасивною інфрачервоною (ІЧ) ГСН;

боєприпаси, що використовують для наведення та корекції траєкторії дані космічної радіонавігаційної системи.

Широке використання російськими військами засобів РЕБ практично зводить до мінімуму можливості використання ВТБ з радіолокаційною головкою самонаведення та боєприпаси, що використовують космічні радіонавігаційні системи.

Отже, обладнання БПАК малогабаритним далекоміром-цілепоказчиком дозволяє вирішити проблему використання ВТБ артилерійськими підрозділами на великій дальності та з високою ефективністю як по нерухомих, так і по рухомих цілях.

СЕКЦІЯ 6

ТАКТИКА ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК, РОЗВИТОК, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, РЕМОНТ ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗРВ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: бригадний генерал Палагута В.В.
д.т.н. с.н.с. підполковник Нечитайло С.В.
Секретар секції: д.філос. підполковник Місюк Г.В.

СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК ТА ПРОТИРАКЕТНОЇ ОБОРОНИ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ДО 2035 РОКУ

*В.В. Палагута
Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

Розглядаються основні положення стратегії розвитку зенітних ракетних військ (ЗРВ) та протиракетної оборони Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України на середньострокову та довгострокову перспективу, а саме: головна мета стратегії, етапи та шляхи її реалізації, питання оптимізації організаційної та функціональної структури ЗРВ, нарощування системи зенітного ракетного прикриття, питання розвитку та підтримання озброєння і військової техніки ЗРВ та очікувані результати реалізації стратегії.

Надається характеристика розвитку зенітного ракетного озброєння ПС ЗС України (зенітні ракетні комплекси, зенітні керовані ракети, автоматизовані системи управління тощо) за напрямками оновлення, модернізації та підтримання боєготового стану. Наголошується, на необхідність створення системи мобільних вогневих груп як однієї зі складових системи зенітного ракетного прикриття та забезпечення її потрібним озброєнням. Викладаються основні очікувані результати реалізації стратегії, в тому числі можливості збереження бойового потенціалу ЗРВ ПС ЗС України, нарощування системи зенітного ракетного вогню та прикриття важливих державних та військових об'єктів, об'єктів критичної інфраструктури, збільшення можливостей ЗРВ щодо ураження сучасних та новітніх засобів повітряного нападу противника на малих, середніх та великих висотах, досягнення якісно нового ступеню оснащення ЗРВ новим та модернізованим озброєнням власного та/або іноземного виробництва.

Розглядається залежність бойового складу ЗРВ від завдань та розвитку ОВТ, наводиться кількісна характеристика, яка використовується при обґрунтуванні потреб на розвиток ЗРВ з урахуванням досвіду російсько-української війни. Наводяться орієнтовні потреби на розвиток ЗРВ до 2035 року (модернізація і закупівля ОВТ ЗРВ та його експлуатація, вдосконалення інфраструктури, підготовка особового складу тощо).

WAYS ON SOLVING ISSUES OF COMBAT USAGE OF SURFACE TO AIR MISSILES BRIGADES OF MIXED COMPOSITION

S. Yarosh¹, Doctor of Military Sciences, Professor; O. Reznichenko¹; V. Palahuta²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine

The combat usage of Surface to Air Missiles Brigade (SAM Brigades) of mixed composition offers certain advantages, but it also raises a number of issues during planning and execution of combat operations, firstly with the management of subordinate units, organization of coordination, and ensuring the combat operations of subordinate units. To address issues related to the management of subordinate units in SAM Brigades of mixed composition, it is necessary to reconsider the system of command posts for groups of SAM battalions, SAM battalions, and separate SAM battalions, taking into account assigned tasks, organizational structure, and combat experience.

The resolution of coordination issues during the combat employment of SAM Brigades of mixed composition is proposed in the following areas: coordination between SAM Brigades of mixed composition and fighter aviation; coordination between SAM Brigades of mixed composition and UAV units; coordination between different types of tactical fire units within the SAM Brigades of mixed composition.

To improve the logistical support of SAM Brigades of mixed composition, the following measures are necessary: organization of repairs for surface-to-air missile systems (at enterprises and within units); creation of reserves of spare parts, tools, and equipment; establishment of an effective training system for "field-specific" specialists in the maintenance and repair of foreign-made surface-to-air missile systems at educational institutions of the Ministry of Defense of Ukraine; changes to the organizational structure of technical batteries; implementation of an effective language training system for specialists operating foreign-made surface-to-air missile systems; unification and adaptation of national logistical standards, procedures, and documentation to NATO requirements and practices; use of modern information technologies to automate logistical support processes.

RESEARCH OF POSSIBLE WAYS TO CREATE A GPS MONITORING SYSTEM FOR MOVING OBJECTS OF FIRE UNITS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE TROOPS OF THE AIR FORCE IN CONDITIONS OF ENEMY OBSTACLES

S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor; D. Melenti; V. Yanchenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern combat operations are characterized by the active use of electronic warfare to disrupt communication and navigation systems. This necessitates the development and implementation of jamming-resistant GPS monitoring technologies for moving objects of the fire units of the anti-aircraft missile forces of the Air Force.

To study possible ways to create such a system, it is necessary to develop a mathematical model of the functioning of GPS monitoring under the conditions of active influence of enemy electronic warfare means. The main input data for such a model should be: types and characteristics of the used interference; the ability to

adapt GPS receivers to changing operating conditions; signal correction algorithms; parameters of alternative navigation systems.

Using the resulting model will allow us to determine the optimal ways to increase the stability of the GPS monitoring system, including integration with inertial and alternative navigation aids, the application of signal filtering methods, and the use of protected frequency bands.

The results of the study can be used to develop practical recommendations for increasing the effectiveness of GPS monitoring in aircraft air defense systems in combat conditions.

ANALYSIS OF SCHEMES FOR CONSTRUCTION OF TRAINING EQUIPMENT FOR COMBAT SERVICE OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;
I. Nikolaev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; S. Dontsov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of developed countries of the world shows that it is methodically correct to conduct training of personnel of anti-aircraft missile systems using training equipment, which is designed to ensure systematic and systematic training, exercises and support of acquired combat skills of combat service of anti-aircraft missile systems without using real targets.

It is shown that to achieve this goal, dynamic computer simulators should be used first of all, which should have programs that implement mathematical or simulation models of the environment and the internal state of the anti-aircraft missile system. Dynamic simulators are designed to train combat personnel of the anti-aircraft missile system in the process of repelling an air attack. It is shown that dynamic simulators should provide individual and group training and training of combat personnel with the performance of all combat operations in all modes of air situation review, detection, tracking and interception of targets. For this, the simulator should be able to simulate the attack of single and group targets of all types and model the corresponding visual situation with its display on monitors (displays). In addition to dynamic simulators, static simulators should also be used, which are designed to demonstrate, practice and verify the mastery of certain procedures of action by combat personnel in fixed external and internal conditions. Structural diagrams of static and dynamic training means of anti-aircraft missile systems are presented and analyzed.

MAINTAINING OPPORTUNITIES REPAIR AND RESTORATION BODIES ON TECHNICAL DIAGNOSTICS OF SAMPLES AIRCRAFT MISSILE WEAPON

*V. Lukianchuk¹, Doctor of Technical Sciences, Professor; S. Baluchev²;
V. Kobzev¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Kovtunov¹, Candidate of Technical Sciences*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Command of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine

Timely technical diagnostics (TD) of samples of anti-aircraft missile weapons (AAMW) is a necessary condition for maintaining and restoring their combat-ready state. The main component of this process is the determination of the

current technical condition of the functional systems and the sample of the AAMW as a whole, as well as the search for the point of failure in the event of a decision on the inoperable state. The vast majority of specialized TD means, which are equipped with the repair and restoration bodies of anti-aircraft missile forces, made on an outdated element base, have a high level of selectivity of use (which determines their sufficiently large nomenclature) and low adaptability to diagnosing weapons samples supplied by partner countries. Modern means of forming and measuring signals (generators, oscilloscopes, frequency meters) have much wider capabilities compared to those that were supplied with the AAMW samples. However, the number of signals they can generate or analyze at the same time is limited (usually up to 4), so they cannot replace specialized test stands for blocks (subblocks, modules, etc.).

A promising way to solve the mentioned problem is the development of specialized devices that will have the possibility of simultaneous formation of mutually synchronized pulse or analog signals or simultaneous analysis of signal data with determination of their parameters. A prerequisite is the possibility of using them for a wide range of AAMW samples. Proposals have been developed regarding the construction and principles of operation of the specified devices on a modern element base.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF USING TRAINING EQUIPMENT FOR THE TRAINING OF COMBAT SERVANTS OF AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS BASED ON MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor; H. Misiuk, Ph.D.;
I. Nikolaev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The continuous growth of combat capabilities and methods of combat use of air attack means determines the relevance of creating and implementing in practice the training of combat operators of anti-aircraft missile systems of simulators based on modern information technologies. The report outlines the concept of creating simulators for combat operators of anti-aircraft missile systems based on a network system of computer simulators. It is shown that modern training facilities should be based on a concept that involves the integrated use of virtual and constructive modeling and is implemented by creating a multi-level system of simulation and mathematical models of the anti-aircraft missile system and the environment. The requirements are given and the main problematic issues of creating modern training facilities are identified, the structure is given and the features of using computer training facilities for combat service personnel of anti-aircraft missile systems of the S-300 and "Buk-M1" types are identified.

It is shown that computer training facilities for combat service personnel of anti-aircraft missile systems should be developed on the basis of a local computer network, which should include a database server, an automated workplace of the training manager with two monitors, automated workplaces of anti-aircraft missile system operators and simulators of functional systems and devices involved in training. The introduction of computer simulators will significantly increase the level of theoretical and practical training of combat service personnel with minimal expenditure on anti-aircraft missile systems and other material resources.

IMPROVEMENT OF THE SECURITY SYSTEM SPARE ELEMENTS OF SAMPLES AIRCRAFT MISSILE WEAPON

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;
I. Terebukha, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Kobzev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Kovtunov, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Maintaining the combat-ready state of samples of anti-aircraft missile weapons (AAMW) determines the minimization of time delays between the detection of the point of failure and the moment of delivery of the spare element (SE) to the place of repair. Therefore, one of the important components of the operation of AAMW samples is the effective functioning of the system of providing SE. The purpose of the operation of this system is to maintain the reserves of ferrous metals at a level that ensures rational costs for the creation and operation of the specified system and minimizes the consequences of forced downtime of SE samples in an inoperable state. The increased consumption of SE due to the increase in the intensity of exploitation during the russian-ukrainian war, the gradual reduction of resources of energy resources that were available at bases and warehouses, the need to regulate the terms and volumes of procurement of certain types of energy resources abroad, conditions the increase in requirements for the quality of solving the tasks of substantiating the parameters of the system for providing energy resources of the AAMW samples.

When adjusting the existing sets of spare parts and at the stage of designing a system for providing SE for samples of spare parts of those types that have not been operated in Ukraine before (for example, provided by partner countries), it is necessary to develop the appropriate methodical apparatus. The main provisions of the methodology for determining the nomenclature and quantitative composition of ferrous metals in the spare parts sets of AAMW samples have been developed.

In addition to the above, the need for this methodology will arise: when making changes to the operational and repair documentation, when changing the reliability indicators of individual components or products as a whole due to modifications or modernizations, improving the technology and organization of repairs, changing the norms of SE based on the results of actual operation.

USE OF PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF DISTRIBUTED COMBAT SYSTEMS IN CREATING PROSPECTIVE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS

*S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor; D. Melenti
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of modern warfare, there is an urgent need for mobile, multifunctional weapons models created according to the principles of distributed combat systems.

When creating modern combat systems for anti-aircraft missile forces, it is considered advisable to adhere to four main principles – the principle of a single information space, the principle of control redundancy, the principle of a single fire space, and the principle of echeloned cover.

Distributed anti-aircraft missile system is a fundamentally new type of anti-aircraft missile weapon. The difference of such systems is that the elements of its main subsystems – information, fire and control subsystems – are distributed in space in such a way that if the enemy hits one element, the nearest neighbor is not hit. The main advantages of an anti-aircraft missile system of this structure are the spatial separation of its elements, a significant reduction in the time required to obtain and update information about the air situation, the possibility of adaptively restructuring the structure of its control system, and the creation of prerequisites for misleading the enemy regarding the configuration of the fire zone and the direction of concentration of the main efforts, which certainly contributes to increasing its survivability. In addition, the spatial distribution of fire installations practically eliminates such a defect of the cover zone as dead space in the immediate vicinity of the anti-aircraft missile system.

Thus, by implementing the anti-aircraft missile system as a distributed combat system, it is possible to significantly increase the effectiveness of anti-aircraft missile cover.

FUNCTIONAL RELIABILITY MODEL AIRCRAFT WITH OPEN ARCHITECTURE AT SHOOTING AT A SINGLE TARGET

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;
A. Ponomarov; K. Voytenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The functioning of anti-aircraft missile systems (AAMS) with open architecture (missile guidance stations, launchers, etc.) is carried out according to a defined technological cycle with their non-simultaneous use. In addition, depending on the combat mission of the AAMS with an open architecture (shooting a single target, a group target, following a stream of targets from the composition of a given strike of air attack means, etc.), the redundancy of its means and anti-aircraft guided missiles changes. For a comparative analysis of competing variants of AAMS at the stage of their development, modernization or procurement, it is necessary to correctly take into account the above-mentioned features of the functioning of air defense systems, which requires, in turn, the development of appropriate reliability models.

Known models of the reliability of AAMS do not take into account the architecture of the construction, the timing of the use of its various means and are obtained for fixed requirements for their performance, which do not change depending on the modes of combat use. At the same time, estimates of the reliability indicators (RI) of AAMS are not very sensitive to the technological process of the functioning of air defense systems with an open architecture, which does not allow conducting a correct comparative analysis of various options for the construction of AAMS. Therefore, there is a need to develop a reliability model for AAMS with an open architecture when firing at a single target, which takes into account the non-simultaneity of their use and different multiples of redundancy.

A model of operational reliability for AAMS with an open architecture adapted to various modes of combat use and given target firing conditions is presented, which, together with known reliability calculation methods, will allow to more fully take into account the above-mentioned features. Taking these features into account

will make it possible to make more reasonable demands for the RI of air defense systems with an open architecture, to conduct a comparative analysis of various options of AAMS during development, modernization or procurement.

KEY PRINCIPLES OF BUILDING UNMANNED AERIAL SYSTEMS WITH OPEN ARCHITECTURE

V. Maliuha, Doctor of Military Sciences; Senior Researcher;

V. Gridina; S. Obrezkov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

From the experience of the Russian-Ukrainian war, it is possible to identify a trend of significant growth in the participation of unmanned aerial vehicles (UAVs) in solving tasks at the tactical, operational, and even strategic levels of military operations.

Typical tasks in which UAVs are most often involved in the Russian-Ukrainian war include: aerial reconnaissance, fire destruction of important state and military objects, personnel, weapons, and equipment, artillery fire correction, and other special tasks.

To solve these tasks, functional and technical systems have been created – unmanned aerial systems and complexes (UAS(C)), which include UAVs of various functional purposes, as well as ground platforms for managing and supporting their use. Existing UAS(C) have a deterministic architecture, which makes them limited in their capabilities and designed to solve a specific set of tasks.

By analyzing the stages of the Russian-Ukrainian war, it is possible to predict potential changes in the list of tasks that UAVs could be involved in.

Therefore, the issue of creating new UAS with open architecture is relevant, as such systems could be adapted to specific tasks by changing their architecture: introducing new elements into the system and removing excess ones.

IMPROVEMENT OF THE CRUISE MISSILE MODEL IN THE COMPLEX OF ALGORITHMS AND PROGRAMS OF THE "ARGUMENT-2024" GEOINFORMATION SYSTEM

S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor;

O. Rohulia, Ph.D.; A. Saveliev

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

As the experience of the Russian-Ukrainian war has shown, the priority task of the anti-cruise missile defense system is the implementation of anti-cruise missile defense. At the same time, the evaluation of the effectiveness of covering objects during the planning of combat operations is carried out using decision support systems. A significant number of these systems use simulation models to simulate combat operations. In these models, sub-models are models of various types of anti-aircraft missiles, including cruise missiles (CM). But until now, these models did not provide for the use of CM-regulators of active radio-electronic interference.

One of these systems is a set of algorithms and programs developed by specialists of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub based on the "Argument-2024" geo-information system (GIS) to support decision-making by commanders of units and units of the Air Force. The named GIS

is widely used in anti-cruise missile defense system. It was on the basis of this system that the improvement of the CM model was carried out.

The improvement of the model consisted in providing the CM with the ability to set an active obstacle from its side during the flight along the given route. As an indicator that characterizes radio-electronic interference, the power density of the interference that can be delivered by CM is chosen. The interference power density is entered before starting the simulation in the appropriate window of the program.

Taking into account the introduced changes in the CM model, further during the simulation of anti-aircraft combat, the range of detection of CM and the range of their damage is reduced depending on the entered value of the power density of obstacles, which leads to a decrease in the number of firings of anti-aircraft units and, as a result, to a decrease in the effectiveness of covering objects.

PRINCIPLES OF USE OF SIMULATORS TO PREPARE COMBAT SERVICE ANTI -AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES

V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;

*I. Nikolaev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Tkachik
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of continuous improvement of air assaults (ZPNs) and methods of their combat use, requirements for the level of training of combat services of anti -aircraft missile systems (SAC) are increasing. It is shown that improving the efficiency of combat training of SAM combat services is possible only if the training and training tools (TTT), which should ensure the formation of a managed educational and information environment and training based on its combat services of SRCs in conditions adequate to real, as well as conducting Prerequisite training, which allows you to maintain the acquired combat skills at the required level. On this basis, the TTT should be developed and used as a complete gym.

The hardware base of the TTT is the distributed multitask computing systems of real time, computer visualization systems and specialized network information technologies. The use of TTT will partially abandon training training with the involvement of military equipment, which simplifies the educational process and allows you to create a stable training system. In addition, the use of TTT increases the safety of personnel by reducing the risk of serious injuries during training in combat equipment due to the low professional training of the personnel of the SCR in the early stages of training. It is shown that training and training of SAC operators for the formation and improvement of skills and skills of practical work with remote equipment and management bodies in different modes of work is advisable to carry out at the TTT.

TRACKING OF AIR TARGETS IN THE SPACE SURVEY MODE BY THE RADAR STATION OF THE SELF-PROPELLED FIRING UNIT OF THE SHORT-RANGE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM

*O. Halytskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; G. Sokolov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The paper analyzes the peculiarities of building a system for searching and tracking an air target by a radar station of a short-range anti-aircraft missile system.

The peculiarities of construction and functioning of the search system by angular coordinates are determined. The functional diagram and timing diagrams of the

search system of the radar station of the short-range anti-aircraft missile system are presented.

The peculiarities of the survey in the quasi-continuous radiation mode are analyzed. The peculiarities of construction and functioning of the radar receiver are analyzed.

The report considers the process of tracking targets simultaneously with the space survey in the "Overview" mode. The principle of target tracking during the space survey by angular coordinates is analyzed. A processor for processing radar signals in the space survey mode at a high pulse repetition rate and a processor for processing radar signals in the space survey mode at an average pulse repetition rate are synthesized.

The results of the development of technical proposals for the implementation of the target tracking mode in the survey mode for a radar station using broadband signals are presented.

The synthesis of the structural diagram of the target tracking equipment during the survey for a radar station in the linear frequency modulation mode with a quasi-continuous signal is considered.

The developed proposals can be implemented during the modernization of existing and development of advanced radar stations of short-range anti-aircraft missile systems.

IMPROVEMENT OF THE AIR TARGET ACQUISITION SYSTEM FOR AUTOMATIC TRACKING BY ANGULAR COORDINATES OF THE RADAR STATION OF A SHORT-RANGE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM

*B. Chumak; O. Halytskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To improve signal processing algorithms, it is necessary to: use adaptive filtering algorithms to reduce noise and errors in determining target coordinates; apply machine learning methods to improve the accuracy of target recognition and tracking.

To optimize the antenna control system, it is necessary to: introduce more accurate servos and feedback systems to respond more quickly to changes in the target's position. Switch to digital control of the antenna post with the possibility of programmatic adjustment of tracking parameters.

To increase the system's noise immunity, it is necessary to: implement adaptive signal processing methods to separate the target from interference. Application of coherent signal processing technology to reduce the impact of passive and active interference.

Improving the air target acquisition system to automatically track the angular coordinates of the radar station of a short-range air defense missile system is a key area for improving the effectiveness of air defense. Improving signal processing algorithms, optimizing the antenna control system, modernizing the computer system, increasing noise immunity, and automating tracking processes will significantly improve the system's accuracy and performance. This will ensure more reliable detection and destruction of air targets in difficult combat conditions.

The developed proposals can be implemented during the modernization of existing and development of advanced radar stations of short-range anti-aircraft missile systems.

PROBLEM ISSUES OF THE CLASSIFICATION OF MICRO AND MINI UNMANNED AERIAL VEHICLES AS AIR ATTACK MEANS

*O. Misiura, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Piechkin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
D. Grib, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report presents the results of research on changing approaches to the classification of air attack vehicles (AAV) in terms of micro and mini unmanned aerial vehicles (UAVs). An analysis of regulatory documents in which there is a concept of classification of UAVs shows that they do not include such a concept as micro and mini UAVs of various types.

Based on the results of the research, it is proposed to determine the approaches to the classification of the above classes of UAVs in order to determine the requirements for the corresponding countermeasure systems and complexes.

The report examines the objective imperfection of known organizational and technical systems that ensure the protection of samples of weapons and military equipment from micro- and mini-UAVs strikes of various types.

Problematic questions regarding the development of a system for countering the use of UAVs of the specified types, which should include means of radio-electronic and optical reconnaissance, means of suppressing control and navigation channels, means of fire damage, are presented.

Thus, the determination of the classification for such types of anti-aircraft missiles as micro and mini UAVs will make it possible to set requirements for countermeasures against their use, taking into account the experience of anti-aircraft defense in combat conditions.

USING OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGY TO IMPROVE TECHNICAL DIAGNOSTIC MEANS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE WEAPON

*V. Kobzev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Kovtunov, Candidate of Technical Sciences;
S. Volyuvach, Candidate of Technical Sciences; M. Fisun
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current state of equipment in the maintenance units of the anti-aircraft missile forces is characterized by the fact that the vast majority of specialized technical diagnostic (TD) equipment is made with old element base, has a high level of application selectivity (this determines their large nomenclature) and low adaptability to the diagnosis of weapons supplied by partner countries. Currently, when restoring the operability of weapons, modern measuring instruments (oscilloscopes, generators) are usually used. However, insufficient attention is paid to the development of specialized bench equipment.

A promising way to solve this problem is to create an universal hardware and software complex (HPC) of the TD with the possibility of its application to a wide range of weapons. The hardware component basis of this HPC TD is a test signal generation module and an output signal analysis module. The first module task is the simultaneous formation of interconnected input signals for the test object with many input channels. Accordingly, the second module task is the simultaneous analysis of

the output signals from test object for compliance with their input test influence with subsequent transmission of the results to the indication and control module.

Propositions were developed regarding the element base, which should be used when constructing the specified modules of the HPC TD. The possibilities of signal generation and analysis are shown, which are already integrated into modern microcontroller technology.

USING OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES TO IMPROVE INFORMATION SUPPORT PROCESSING OF THE OPERATION RESULTS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE WEAPON

*V. Kobzev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Kovtunov, Candidate of Technical Sciences; M. Fisun
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The combat readiness maintaining task of anti-aircraft missile weapons is a necessary component of the development and readiness of anti-aircraft missile forces. Timely propositions justification for the implementation or adjustment of measures for the weapon operation of will significantly contribute to the fulfillment of the specified task. Therefore, one of the important components of the anti-aircraft missile weapon operation is the effective functioning of the system for operation results processing. The purpose of the functioning of this system is the prompt and reliable accumulated information processing on failures (malfunctions) of functional systems and the weapon in general, the consumption of spare elements in the restoring operability process, the results of monitoring the functional systems parameters, and the weapon resource consumption during operation.

For the organization, sorting, analytical processing of heterogeneous information, it is proposed to create interconnected relevant databases. The specified information accumulation over a certain time interval will allow to promptly obtain calculations of quantitative values of single and complex reliability indicators of anti-aircraft missile weapon and their components. The obtained statistical data and reliability indicators values will allow to timely adjust the frequency and volumes of operational measures to maintain the combat-ready state of anti-aircraft missile weapon.

DEVELOPMENT OF A NETWORK MODEL FOR THE MAINTENANCE OF FOREIGN-MADE SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEMS

*O. Doska, Candidate of Technical Sciences; V. Sydoryshyna
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Surface-to-air missile systems (SAMs) play a crucial role in ensuring a country's air defense during combat operations. Modern SAM systems, functioning in a high-intensity operational environment with heavy loads, require effective maintenance (MRO) to ensure reliability and extend their service life. The organization of SAMs MRO is based on the use of a scientifically grounded mathematical framework for generating optimal solutions focused on: enhancing maintenance efficiency through optimized planning and resource allocation; reducing system downtime; and ensuring the timely detection and elimination of malfunctions.

Maintaining the operational readiness of the existing fleet of foreign-made SAM systems presents significant challenges for the current MRO and repair system, characterized by several key factors, including:

- high operational intensity of the weapon systems;
- acute shortage of spare parts and specialized equipment;
- insufficient qualification of maintenance personnel;
- limited number of certified facilities in Ukraine capable of servicing and repairing foreign-made SAM systems;
- lack of necessary repair and technical documentation for the latest weapon systems etc.

Considering these factors in the development of a mathematical model allows for a more accurate representation of the SAMs maintenance process and increases the reliability of the obtained results.

The importance of the proposed model lies in several key aspects. Firstly, it significantly reduces the time required for maintenance, thereby minimizing SAM system downtime. Secondly, the model ensures more flexible management of available resources in wartime condition.

ALGORITHM DEVELOPMENT FOR ASSESSING THE AIR THREAT TO DEFENDED SITES

*O. Doska, Candidate of Technical Sciences; D. Fedoriaka; E. Riznichenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern military conflicts are characterized by a high level of technological advancement and the widespread use of unmanned aerial vehicles, including those employing artificial intelligence technologies. This necessitates the development of new approaches to protecting critical infrastructure from airborne threats. A key role in this process is assigned to tasks related to data collection on aerial targets, threat assessment for defended objects, and decision-making regarding the allocation of fire assets.

This study addresses the development of an algorithm for assessing the threat posed by aerial targets to defended objects. The algorithm is based on considering data on types of airborne threats and their movement parameters, evaluating the vulnerability of defended objects, and analyzing their structural characteristics. The application of this algorithm results in the creation of an effective defense strategy that helps minimize risks and damage from potential enemy airstrikes.

The proposed algorithm enables a comprehensive assessment of airborne threats, thereby enhancing the protection of defended objects. Further research will focus on improving analytical methods and increasing the accuracy of threat assessments.

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE THREAT EVALUATION AND WEAPON ALLOCATION ALGORITHM WITH USING THE BAYESIAN NETWORK MODEL

*O. Petrenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; A. Levenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

Threat Evaluation and Weapon Allocation (TEWA) operators in air defense situations assigned threat values to detected targets, values that were used to make real-time decisions about the allocation of defensive resources to threat targets.

Since TEWA systems operate in a critical environment where wrong decisions can have fatal consequences, systematic evaluation of the performance of automated (and semi-automated) TEWA systems becomes very important.

The specific implementations of algorithms for real-time threat evaluation and weapon allocation, the Bayesian network for threat evaluation and fuzzy logic algorithm for threat evaluation have been compared. The advantages of Bayesian network for threat assessment lies in the adaptive flexibility and learning of the system. Moreover, this approach allows to use kill assessment data to improve the system for next threat evaluation process.

In this paper the method of combination of Bayesian network for TEWA with method of expert evaluations for determining weight coefficients has been proposed.

The created Bayesian network model of the threat assessment in combination with variable weighting coefficients showed the ability to improve existing variants of the TEWA algorithm in various branches of science.

Thus, the use of the proposed approach allows to improve the process of making recommendations due to the constant evaluation of the efficiency of the algorithm.

METHODOLOGY FOR DETERMINING RATIONAL MANEUVERING OPTIONS FOR AIR DEFENSE MISSILE TROOPS UNITS EQUIPPED WITH NEW TYPES OF SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEMS DURING AIR DEFENSE MISSILE COVERAGE OF TROOPS AND FACILITIES

M. Demenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;

V. Voronin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

V. Tretiak, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

D. Ramshov, Candidate of Technical Sciences

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Under current conditions, periodic changes in positions within positional areas, considering aerial, ground, and space conditions, have become especially critical. Thus, determining the maneuver intensity of ADMU equipped with advanced ADMS (or specific ADMS units) to reserve positions (ambush positions) or other firing zones is crucial. This task requires accounting for key influential factors that are essential for the methodology in question.

The proposed advanced methodology enables the evaluation of the combat capabilities of ADMU equipped with advanced ADMS and the grouping as a whole during the air defense coverage of troops and objects. It accounts for the parameters of an airstrike, actions of enemy fire assets, including reconnaissance-strike systems, ADMS characteristics, specifics of the grouping structure, maneuverability, and operational conditions of air defense units.

RECOMMENDATIONS FOR THE PREPARATION AND CONDUCT OF COMBAT OPERATIONS BY ANTI-AIRCRAFT MISSILE UNITS "FROM AMBUSH"

S. Novichenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; D. Dovhaliuk;

V. Kryvchun; A. Saveliev

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The report states that the essence of the method of conducting combat operations "from an ambush" consists in the sudden opening of anti-aircraft missile fire on enemy air attack vehicles from a tactically advantageous and hidden position, which

guarantees a high probability of completing the combat mission by the anti-aircraft missile forces (AAMF) unit.

It is shown that for conducting combat operations of the AAMF unit "from an ambush" it is necessary:

– at the appointed time, maneuver the air defense unit with a certain composition to the ambush position in a certain manner, using pre-developed routes;

– after transferring the anti-aircraft missile system to a combat position, begin analyzing the air situation using the automated workstation of the air defense or the "Virazh-PPO" air situational awareness system based on the special software and mathematical support "Virazh-Planshet";

– when conditions appear in accordance with the purpose of the ambush, open anti-aircraft missile fire on air targets with subsequent maneuvering to a reserve (combat) position or to cover to withdraw from the attack;

– if conditions in accordance with the purpose of the ambush were not created during the safe stay at the ambush position, the air defense unit must maneuver to a reserve (combat) position or to cover.

**COMPUTER-ORIENTED METHOD FOR CALCULATING
THE CONFIGURATION OF THE SURFACE PROHIBITED ZONE
AND COMBAT ZONE OF AIR-DEFENSE GUIDED MISSILE SYSTEM
"IMPROVED HAWK"**

O. Vedmid, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Nos, Candidate of Technical Sciences;

M. Romaniuk, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;

M. Kamchatnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In order to ensure the conduct of exercises with combat firing by air-defense guided missile units on the training ground, together with the surface area of danger of air-defense guided missile system, the surface prohibited area and the combat area are also defined. This makes it possible to increase visibility when deciding on the conditions for firing. The well-known official method of determining the configuration of the surface danger zone of the "Improved Hawk" SAM system does not provide for the construction of such zones. Surface Prohibited Zone (SPZ) is the impact area of rocket fragments, warhead fragments or rockets in the event the radar proximity fuze didn't operation, while other components of the rocket and ground equipment are functioning properly. In the official methodology there is some information that is necessary for the construction of the SPZ. The developed method of determining the configuration of the SPZ is discussed.

The combat zone (CZ) is the intercept zone, which is limited by the boundaries of the authorized firing sector. The far boundary of the horizontal section of the intercept zone of the "Improved Hawk" SAM system in the relevant part is approximated by straight lines. The elaborated method of calculating the configuration of the combat zone for various variants of the trajectories of the targets is discussed. The results of SPZ and CZ configuration calculations are demonstrated.

ADAPTIVE COMPENSATION OF THE INFLUENCE OF IONOSPHERIC DELAY ON THE ACCURACY OF RADIO NAVIGATION SATELLITE MEASURED IN SINGLE-FREQUENCY USER EQUIPMENT ALGORITHM WITH USING INFORMATION FROM THE NETWORK OF CONTROL AND CORRECTION STATIONS

*O. Petrenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; B. Hadzymuradov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

Currently, for solving many applied problems, the problem of high-precision navigation-time determinations based on information from satellite radio navigation systems is becoming of great importance. The inhomogeneity of the dielectric constant of the ionosphere causes a curvature of the signal trajectory, which leads to an additional delay in the signal propagation time from the navigation satellite to the receiver. Thus, the use of the proposed approach allows to improve the process of making recommendations due to the constant evaluation of the efficiency of the algorithm.

There are a lot of methods for determining and taking into account the ionospheric delay. The most effective and accurate method is based on dual-frequency measurements.

A significant disadvantage of this method is the fact that the size of the working area of the control and correction station (CCS) is limited, and the consumer, when determining his position vector, cannot always be in the near working area of the CCS.

An algorithm has been obtained to compensate for the influence of ionospheric error, including its fluctuation component, on the accuracy of CCS in single-frequency consumer equipment using corrective information from the CCS network.

METHODICAL APPROACH TO BUILDING THE FASTEST ROUTE FOR VEHICLES OF A MOBILE UNIT OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE FORCES OVER SHORT DISTANCES

*S. Novichenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Piechkin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Novichenko; D. Oparin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The enemy's implementation of the "reconnaissance – fire – destruction" principle when breaking through our air defense system gives special importance to the mobility of anti-aircraft missile defense, an important process of which is the execution of maneuvers. To conduct effective mobile anti-aircraft missile defense, it is advisable to perform maneuvers within positional areas at short distances, from several hundred meters to several kilometers (less often – several tens of kilometers).

The report considers a methodological approach to building the fastest route for vehicles of a mobile unit of anti-aircraft missile forces over rough terrain with the possible use of a road network. For this purpose, models of three types of terrain areas are used: rough terrain, prohibited areas (zones) and roads, which differ in the permission (prohibition) of movement and speed of movement.

Models of prohibited zones are created using simple polygons and broken lines, and road models are created using broken lines.

It is proposed to construct the route of the anti-aircraft missile forces unit with minimal travel time by constructing an oriented weighted graph of mutual visibility of some points in space, which constitute sets of obstacle points, points of exit (entry) from road sections, the initial position and the designated area on the plane. It is proposed to use the Dijkstra algorithm to process the visibility graph.

ESTIMATION OF QUASI-BALLISTIC TRAJECTORY PARAMETERS OF A SHORT-RANGE BALLISTIC MISSILE: BOOST PHASE

*A. Dudush, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; R. Snovydyovych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Short-range ballistic missiles such as 9M723 Iskander-M, KN-23, and KN-24 have been widely used during the Russian-Ukrainian war. These missiles' peculiarities are a flat trajectory that does not exceed the Karman line and maneuvering on the final (descending) phase. These parameters correspond to quasi-ballistic trajectories, whose distinctive feature is the possible change of course and flight altitude, making them less predictable and more difficult to intercept by modern surface-to-air missiles.

A quasi-ballistic trajectory has three typical phases: boost, ballistic, and maneuvering. The missile flight parameters are modeled during the boost phase by solving the differential equation describing the missile acceleration using the Euler method. To optimize the trajectory and obtain the required angle of attack at the end of the boost phase, a pitch angle control program is set, described by a fourth-degree polynomial.

A model of the flight trajectory of a short-range ballistic missile in the boost phase was developed. It was integrated with a known ballistic trajectory model based on Kepler's equations. Based on the operational characteristics of the 9M723 type missile, some variants of the flight trajectories of this missile were constructed, and the corresponding graphs of changes in altitude and flight speed were presented.

ANALYSIS OF METHODS FOR AUTOMATION OF UAV DETECTION BY SOFTWARE DEFINED RADIOS

*O. Shapovalov, Candidate of Technical Sciences; V. Bezlepkin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for reconnaissance and strike missions has intensified significantly in recent years. These UAVs are controlled remotely, with command and telemetry information transmitted via combined radio links.

Automated signal processing has become an essential tool in detecting the radio signals emitted by UAVs. By leveraging modern algorithms and data processing technologies, it is possible to detect UAV signals rapidly and efficiently. These advancements enhance the reliability of drone detection systems, which is crucial for maintaining airspace security.

One notable example is the advanced passive radar and radio frequency technology developed by Hidden Level. Their system can detect and precisely locate drones, including those operating covertly without active transmissions. This passive detection capability allows for the monitoring of unauthorized UAV activities without alerting operators.

In addition to high-end solutions, there is a growing trend toward using low-cost software-defined radios (SDRs) to address UAV detection challenges. Devices such as RTL-SDR, Airspy, and HackRF One have become increasingly popular due to their affordability and versatility. SDRs enable flexible implementation of signal processing algorithms, making them suitable for a wide range of detection and analysis tasks.

The authors of this report analyze modern methods for automating UAV detection and conduct research on the use of software-defined radios. A practical implementation is presented using the HackRF One alongside the Python programming language. This example demonstrates how accessible hardware and open-source software can be combined to create effective UAV detection systems.

MAINTAINING THE PHYSICAL PERFORMANCE OF PERSONNEL IN SURFACE-TO-AIR MISSILE FORCES THROUGH PHYSICAL TRAINING DURING COMBAT DUTY

*O. Tkachuk; V. Zolochovskyi, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor;
O. Reznichenko; Y. Zhukov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The performance of functional duties during combat duty is accompanied by the impact of adverse factors of military-professional activity on the physical condition of military personnel.

Significant mental and psychophysiological stress, prolonged restrictions on physical activity (hypokinesia, hypodynamia, monotony) are common. Military personnel which operates military equipment is exposed to unfavorable physical and chemical factors, which accelerate fatigue, reduce mental and physical performance, and, consequently, significantly decrease the combat readiness of personnel.

The need to ensure the constant combat readiness of personnel to perform their assigned tasks against the backdrop of prolonged mental and psychophysiological stress highlights the urgency of developing and improving sets of physical exercises aimed at maintaining the physical performance of military personnel during combat duty.

The report presents physical training for military personnel during combat duty and specifies the content of physical exercise complexes. It proposes the implementation of a model for organizing specialized physical training for operators during combat duty, which includes three stages: conducting training sessions in physical preparation during the comprehensive preparation period for combat duty, performing physical exercises during the combat duty period, and conducting independent individual sessions during the rehabilitation period after combat duty.

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC RANGE SURVEILLANCE OF THE SHORT-RANGE RADAR AIRCRAFT MISSILE COMPLEX

*O. Yepifanov; B. Haibadulov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the conduct of hostilities during Russia's full-scale aggression against Ukraine showed that the requirements for a modern combat environment, the improvement of the automatic long-range tracking system, require a comprehensive approach to the development and implementation of new technologies.

The report provides a justification for the need and possibility of improving the automatic range tracking system of a short-range anti-aircraft missile system; an analysis of the general principles of building a range tracking system is carried out, and the features of building automatic range tracking systems in pulse radar stations that use complexly modulated signals are analyzed.

Two variants of constructing automatic range tracking were considered – with one and two integrators. The limiting values of dispersion and the mean square acceleration values of the target, which can be tracked by automatic range tracking, were calculated. From the results of the calculations, a conclusion was made about the feasibility of using two integrators in the automatic range tracking used in a multifunctional radar station (a system with second-order astaticism).

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEM SUPPLIED BY UKRAINE'S PARTNER COUNTRIES UNDER CONDITIONS OF INTENSIVE OPERATION

*I. Koval, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
M. Dolyna, Candidate of Military Sciences, Associate Professor,
D. Kalugin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; S. Lapii
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Surface-to-air missile system (SAMs) provided to Ukraine by partner countries as material and technical assistance are usually new, modern, highly reliable and highly effective products. However, in the military operations, a characteristic feature of the operation of SAMs is the increased consumption of their resources. In this regard, the report analyzes the impact of the increased intensity of operation of new SAMs on the effectiveness of their long-term operation.

Assessment of the effectiveness of air defense systems during long-term operation is carried out using the coefficient of preservation of the effectiveness of air defense systems. The report compares the dynamics of the effectiveness of the use of SAMs in combat operations with increased resource consumption and in conditions of moderate resource consumption. To evaluate the effectiveness of SAMs, the developed models are used: a model of SAM operation according to a typical cyclogram of intended use; a model of SAM reliability dynamics with an established maintenance and repair system; and a model of anti-aircraft guided missiles reliability dynamics during long-term operation. As input data for the estimates, information on the life cycle parameters and tactical and technical characteristics of Soviet-made SAMs, which are analogous to those SAMs provided to Ukraine as logistical assistance, is used. The obtained estimates should be used as a guide when drawing up plans for the technical equipment of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

IMPROVEMENT OF THE QUASI-CONTINUOUS SIGNAL PROCESSING CHANNEL OF THE RECEIVING DEVICE OF THE RADAR OF A SHORT-RANGE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM

*T. Polishchuk; B. Haibadulov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of full-scale military aggression by the Russian Federation, there is a steady upward trend in the use of unmanned aerial vehicles for reconnaissance, fire control, air support of units on the battlefield and the creation of active and passive jamming.

The report considers the properties of the main radar signals, compares them, selects and justifies the signal that is most suitable for radar with increased requirements for operation in conditions of passive interference; analyzes radar information processing devices.

Based on the studies and comparisons of radar signals and their processing devices, proposals are made for the construction of a quasi-continuous radiation receiving channel in a short-range air defense radar station with increased requirements for operation under conditions of intense passive interference.

Having considered the measures of distinguishing abilities of several common signals in radar by comparing their autocorrelation functions, it is concluded that the use of coherent packets of narrowband radio pulses allows the selection of moving targets in a complex interference environment due to the presence of a large number of passive interference in space. This signal is advisable to use in radar receivers with increased requirements for interference protection against passive interference.

To build a receiver with increased requirements for operation in conditions of passive interference, it is advisable to use correlation-filter processing of a packet of coherent radio pulses, which is reduced to pulse heterodyne and coherent accumulation of frequency-transformed radio pulses in a narrowband frequency filter.

STUDYING THE POSSIBILITY OF AUTOMATING THE PROCESS OF ASSESSING THE ELECTRONIC WARFARE ENVIRONMENT USING SOFTWARE-DEFINED RADIOS

*O. Shapovalov, Candidate of Technical Sciences; A. Klymenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Effective assessment of the electronic warfare environment is crucial for the efficient allocation and use of the radio frequency spectrum, as it helps prevent mutual interference between different users and services. Continuous analysis enhances overall readiness and adaptability in a dynamic environment, making automation an essential consideration to handle the complexity and volume of data involved.

Identifying sources of interference and obstacles is vital for optimizing the operation of electronic equipment.

To address these challenges, there is a growing adoption of accessible software-defined radios (SDRs) like RTL-SDR, Airspy, and HackRF One. These devices offer flexibility and affordability for monitoring and analyzing the electronic environment. Additionally, methods embedded in modern communication and information transmission systems, such as the use of the Simple Network Management Protocol (SNMP), are becoming increasingly common.

The authors explore the feasibility of using the SNMP protocol in conjunction with modern software-defined radios to gather current information about the state of the electronic environment. They propose a solution for automating this assessment by utilizing the Python programming language. This approach leverages the capabilities of SDRs and the versatility of Python to create an automated system for monitoring electromagnetic conditions. Such automation is essential for maintaining efficient spectrum usage, enhancing interoperability among services, and ensuring the resilience of electronic systems in the face of evolving electronic warfare tactics.

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF THE RADAR INFORMATION SHARING CHANNEL BETWEEN THE FDC AND THE HIGHER COMMAND POST USING THE ASTERIX PROTOCOL

*O. Shapovalov, Candidate of Technical Sciences; N. Oshomok
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The ASTERIX protocol (All-purpose Structured EUROCONTROL Surveillance Information Exchange) is an important standard for the exchange of radar information. It was developed by EUROCONTROL to ensure efficient and reliable data exchange between different air traffic surveillance and control systems.

The ASTERIX protocol is a key element of modern air traffic control systems, providing reliable and efficient information exchange between different systems and applications. Its versatility, efficiency, and flexibility make it an indispensable tool for ensuring the safety and efficiency of modern air defense systems.

There are many tools that allow you to model, analyze and test the operation of the ASTERIX protocol: Scapy, ASTeRIX Validator, OMNet++.

The report discusses OMNet++ (OMNet++ is a powerful tool for modeling and simulating network protocols and systems. Its modular architecture, open-source nature, and support for multiple platforms make it highly versatile. OMNet++ provides an integrated development environment (IDE) and tools for visualization and debugging, which are invaluable for researchers and developers.), a powerful tool for modeling and simulating network protocols and systems. approaches to evaluating frame characteristics at the data link layer during ASTERIX protocol data encapsulation/de-encapsulation are shown. The scheme of encapsulation/de-encapsulation of ASTERIX protocol data in the data exchange channel between the FDC and the higher command post is presented.

DYNAMICS OF THE EFFECTIVENESS OF THE FLEET OF SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL AND MORAL AGING

*I. Koval, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
Y. Belevshchuk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
S. Seleznev, Candidate of Technical Sciences; Y. Trofimenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The fleet of surface-to-air missile (SAMs) of the Air Force of Ukraine includes both physically and morally obsolete Soviet-made SAMs and modern (new) foreign-made SAMs supplied by Ukraine's partner countries. These SAMs have different calendar service lives, are characterized by different levels of technical condition and reliability of ground combat vehicles (GCVs) and anti-aircraft guided missiles (AAGMs), as well as different levels of obsolescence, which significantly affects the effectiveness of their intended use.

The report considers a model of the dynamics of the effectiveness of the SAM fleet during long-term operation, taking into account the factors of physical and moral obsolescence. This model includes a set of models, namely: a model of SAM operation according to a typical cyclogram of intended use; a model of SAM GCVs reliability dynamics with an established maintenance and repair system; a model of SAM reliability dynamics and a model of SAM obsolescence dynamics during long-

term operation. The results of modeling the dynamics of the coefficient of preserving the efficiency of the SAM fleet and the mathematical expectation of the number of destroyed targets from the calendar duration of operation, taking into account the factors of physical and moral obsolescence, are presented.

The developed model should be used in the development of methods for assessing the effectiveness of the SAM fleet, as well as in the development of plans for the technical re-equipment of the Ukrainian Armed Forces aircraft with SAMs and AAGMs.

COMPUTER-ORIENTED METHOD OF CALCULATING THE CONFIGURATION OF THE SURFACE DANGER ZONE OF AIR-DEFENSE GUIDED MISSILE SYSTEM "IMPROVED HAWK"

O. Vedmid, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Nos, Candidate of Technical Sciences;

*K. Kulahin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Hubarieva
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

There is an official method for determining the configuration of the surface danger zone (SDZ) of the air-defense guided missile system "Improved Hawk", which is focused on the manual construction of its graphic image. During the preparation for the training of the units of the anti-aircraft missile defense unit with combat firing on the training range, it is necessary to choose the conditions for their conduct, including taking into account the provision of security.

The determination of conditions is usually done iteratively. Therefore, the use of computer construction of the SDZ on the electronic map provides certain conveniences.

The main provisions of the official methodology of construction of SDZ are discussed. Appropriate formulas for calculating the SDZ configuration are given and explanations are provided for their derivation. Some features of construction that are not sufficiently defined in the official methodology are clarified. The graphic images of the SDZ, which are made for two variants of the trajectory of the target's movement, are given. The first is when the parameters of the trajectories of the targets are the same, the second is when the parameters of the trajectories in relation to the direction of movement are different (within certain limits). Calculations of the SDZ configuration were made in Microsoft Excel and transferred to the "Viraz-Planshet" system.

PROPOSALS FOR THE ORGANIZATION OF COMMUNICATION BETWEEN SA-10B GRUMBLE TACTICAL FIRE UNITS IN ORDER TO INTERACT DURING AIR COMBAT

Y. Ursakii; Ye. Ryapolov; D. Demianenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

An analysis of the interaction between SA-10B Grumble tactical fire units during air defense combat showed the need to improve information support for the air defense combat process, since the success of joint actions of units and subunits of air defense missile forces directly depends on the availability of information to the commander about the situation and conditions in which joint tasks are being performed. Organizing the exchange of information between units will allow

coordinating the efforts of units, maneuvering forces and means in a timely manner, anticipating developments and making decisions that are more adequate to the situation.

One of the possible ways to solve this problem is to interconnect the digital computer complexes (DCC) 5E261 of all units with each other and create equipment for an automated workstation for the unit commander. To organize interaction between tactical-firing units of the SA-10B Grumble, in case of loss of control from the control center, it is proposed to connect the DCC 5E261 of all tactical-firing units of the SA-10B Grumble, as one of the options for organizing communication between them in order to interact during air combat.

Thus, a combination of organizational principles, such as automation of information processing, implementation of research results in the field of decision-making theory, and technical equipment of command and control bodies, will ensure reliable and efficient interaction of troops.

PROPOSALS FOR RISK EVALUATION DURING MANEUVER WARFARE

M. Romaniuk¹; P. Kushch¹; O. Vyhivskiy¹; O. Vozny²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Military unit A2847

An analysis of warfare during the Russian-Ukrainian war shows that the enemy is trying to gain air dominance. One of the main tasks of the Ukrainian Defense Forces is to repel an attack by enemy air means. As practice shows, at the present stage, anti-aircraft missile units (SAM) perform their tasks outside the permanent deployment locations and effectively use the tactical method of "ambush" warfare, that is confirmed by the dynamics of losses of aircraft, helicopters and unmanned aerial vehicles (UAVs) by the Russian Federation.

The use of "ambush" air defense units is efficient when a covert maneuver, reliable masking, a stable control system, and other factors are taken into consideration when planning it.

However, there are a number of aspects that need to be paid special attention to, such as the enemy's use of reconnaissance flights by strike UAVs to expose the construction of an air defense system and destroy anti-aircraft missile systems.

The decision for an "ambush" is undoubtedly associated with the risk of losing a unit during its organization. The risk can be evaluated by applying the concept of acceptable risk, i.e. the ALARP principle ("As Low As Reasonably Practicable").

The level of risk from hazards caused by the enemy's activities is "acceptable" if its magnitude (possible damage) is so small that the commander is quite willing to take it in order to accomplish the combat mission.

WAYS TO ENSURE THE TECHNICAL CONDITION OF THE HAWK ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM

O. Hrechka; D. Riabota; Y. Harkusha; A. Isachenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The successful mission accomplishment of the anti-aircraft missile units is achieved by maintaining anti-aircraft missile systems (SAMs) in constant operational readiness.

Nowadays, our country receives a large number of air defense systems from foreign partners, one of which is the HAWK. In order to maintain the performance of equipment and weapons of the HAWK air defense system in accordance with the requirements of operational documents, the specified types of maintenance are carried out.

The maintenance system of the partner countries from which we receive SAMs differs from ours. In peacetime, the main tasks of the partner countries' maintenance organizations are to control the technical condition and repair of weapons and equipment, and they face the same tasks in wartime. During the Russian-Ukrainian war, when air defense systems perform combat missions throughout the country and often change their sites, the use of such a maintenance support will not be effective in maintaining the technical condition of air defense systems.

Considering that the HAWK SAM supplied by partner countries was adopted in 1959, and the samples supplied to us were modernized in 1989, the methods of technical condition control based on scheduled maintenance are outdated and inefficient. Modern means of technical condition control are used with low efficiency. Increasing the efficiency of the technical condition control of SAMs as a result of increasing the efficiency of SAM operation is possible by improving and developing new methods of technical condition control.

DEVELOPMENT OF TECHNICAL PROPOSALS FOR IMPROVING THE DEVICE FOR PROVIDING FIRING AT LOW-ALTITUDE TARGETS OF THE S-125M1 SAM SYSTEM

M. Kamchatny; Y. Korobkov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The features of the combat operation of the S-125M1 air defense system on targets at low altitudes are considered, taking into account the experience of conducting combat operations in the Russian-Ukrainian war, technical means of increasing the effectiveness of firing at low-altitude targets are analyzed, the construction and functioning of the SNR-125M1 low-altitude firing support device are considered.

When tracking targets at low altitudes, in addition to the main signal reflected from the target, a signal reflected from the ground, which is called a "mirror", may appear at the input of the receiving device. To reduce tracking errors by shifting the center of weights of the resulting signal, blanking of "mirror" signals in each scanning plane has been introduced in the SNR. If selection is performed in the same way when tracking a low-altitude target, then when the angular block gates are moved towards the "mirror" signal, the comb of range-selecting pulses will also move together with the gates and, accordingly, with the angular selecting pulse, while passing the "mirror" signal to the input of the angular block. To reduce target tracking errors and exclude the possibility of the angular tracking systems switching to tracking the "mirror" signal in the LA mode, an additional error guard signal discriminator has been added to the main discriminators of the angular block tracking systems. This discriminator is fed with guard gates that adjoin the main gates from the side of the larger elevation angle. At the output of the guard discriminator, a guard error signal is formed.

Suggestions are made for improving the low-altitude device by balancing the noise guard discriminators.

**PROPOSALS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY
OF THE TRANSMITTER PATH IN RADAR SYSTEMS
OF AIR DEFENSE SYSTEMS AND ASSESSING LOSSES
IN PROBING SIGNAL POWER THROUGH THE USE
OF PHASED ARRAY ANTENNAS WITH OPTICAL EXCITATION**

*S. Bondarenko; M. Kalyta; T. Zalisko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian-Ukrainian war has shown that the decisive factor in the engagement of air defense systems against enemy piloted and unmanned assets is the timeliness of target detection and the decision-making process by the combat crew of the surface-to-air missile division to destroy the target.

Among the many characteristics of radar systems in air defense systems, the efficiency (coefficient of performance, COP) of the transmitter path is key when calculating the potential capabilities for target detection. This efficiency consists of the COP of the transmitter and the COP of the antenna system. It is crucial to choose a design for the transmitter path that ensures target detection up to a specified range while operating within the limited power supply capabilities. This imposes certain constraints on the design options for the transmitter path and the radar system as a whole. Currently, the actual COP values of transmitter systems generally do not exceed 20 ... 40%. The most promising approach to meeting the requirements placed on modern radar systems is the use of phased array antennas (PAA).

**DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS INDICATOR
FOR THE RESTORATION OF SURFACE-TO-AIR MISSILE
SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT RESOURCE CONSTRAINTS**

*O. Kalyta; D. Nikolaiev; Y. Hudachenko; M. Kornev; L. Kuzmenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The restoration of surface-to-air missile systems is a critically important aspect of ensuring national security and defense capability. The effectiveness of restoration depends on many factors, including technological capabilities, financial resources, and time constraints.

A method for calculating the effectiveness indicator of restoration repair – the probability of completing restoration repair within a time that does not exceed a specified value has been developed.

Unlike existing methods, the proposed approach takes into account: limited stocks of operational and restoration spare parts kits; the possibility of combat damage to both components and spare parts of surface-to-air missile systems; the potential use of components from decommissioned and disassembled missile systems as spare parts during restoration repairs; time constraints for conducting restoration repairs, eliminating the need for assumptions about the intensity of request flows and restoration rates, thereby increasing the reliability of the results.

Determining the effectiveness indicator for the restoration of surface-to-air missile systems is a complex task that requires a comprehensive approach. Successfully addressing this challenge will ensure a high level of combat readiness for the armed forces under limited resource conditions.

RECOMMENDATIONS TO COMMANDERS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE UNITS, WHICH ARE ARMED WITH ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES WITH THE CAPABILITY OF SPATIAL DISTRIBUTION OF ELEMENTS IN THE LOCAL AREA, REGARDING THE CHOICE OF COMBAT POSITIONS

*K. Zakutin; O. Kolomiets; D. Molchanov; V. Krivoslyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

With the beginning of the full-scale invasion of the Russian Federation into the territory of Ukraine, anti-aircraft missile systems from partner countries began to be supplied to the anti-aircraft missile forces of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, which are significantly different from those used by Ukraine.

To select combat positions of anti-aircraft missile units, approaches and methods are used that do not sufficiently take into account the characteristics of foreign-made anti-aircraft missile systems, in particular with the possibility of spatial separation of elements on the terrain. This feature requires a change in approaches to the selection of combat positions for anti-aircraft missile units armed with these complexes.

Based on data on the experience of combat use, recommendations are provided to commanders of anti-aircraft missile units armed with anti-aircraft missile systems with the ability to spatially disperse elements on the terrain, regarding the selection of combat positions.

PROPOSALS FOR ALGORITHMS OF THE DETECTION AND TRACKING SCHEME FOR BALLISTIC TARGETS BY A MEDIUM-RANGE SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEM

*O. Kisil; E. Roshchupkin; R. Tytarenko; A. Lutsenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since February 2022, tactical ballistic missiles (TBM) have repeatedly struck targets and military forces on Ukrainian territory, causing significant damage upon impact. This necessitates the search for effective methods to counter TBM.

TBM represent a complex target for surface-to-air missile systems (SAMS) due to their high speed and small radar cross-section. This makes them difficult to detect and significantly reduces the time available for search, detection, tracking, and engagement.

The S-300V1 SAMS has the capability to engage TBM. However, without a specialized sector scanning radar that provides preliminary information about the target's speed and location, the combat crew often lacks sufficient time to engage the target.

During previous research, a scheme for detecting TBM was proposed, which features digital processing of received signals at the first intermediate frequency. A portion of the signal from the receiver path is fed into the scheme through a directional coupler, and based on the processing results, a decision is made about the presence of a target, and an estimate of its initial spherical coordinates is obtained. However, questions regarding the algorithms for the proposed scheme remained unresolved.

The report presents algorithms for detecting and tracking TBM using probing signals of type 1B and IIT, which are employed by the 9S32 system when operating against ballistic targets, along with estimates of their statistical characteristics.

PROPOSALS FOR ORIENTING RADAR SYSTEMS OF AIR DEFENSE SYSTEMS USING MODERN NAVIGATION SYSTEMS

*S. Bondarenko; M. Kalyta; A. Latonova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the russian-Ukrainian war has demonstrated that the survivability of surface-to-air missile units depends on reducing the time spent at primary or secondary positions. A significant portion of the time required to bring a surface-to-air missile division to readiness level №1 after a march is dedicated to conducting topographical referencing and orientation operations for the main elements of the air defense system.

To ensure timely and rapid determination of the topographic coordinates of air defense system assets and their orientation data, it is necessary to adopt modern navigation tools and systems.

The use of modern navigation tools for determining coordinates and orientation data of air defense system elements significantly enhances the survivability of surface-to-air missile units, primarily by reducing the time required for topographical referencing and orientation at new positions.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE FAULT DETECTION PROCESS IN COMPUTING DEVICES OF SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEMS

*O. Kalyta; D. Nikolaiev; Y. Hudachenko; M. Kornev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Malfunctions in the computing devices of surface-to-air missile systems (SAMS) can significantly impact combat readiness and system effectiveness. Timely and accurate fault detection is critical to ensuring the reliability and continuous operation of SAMS. Experience with the operation of specialized computing devices in military units shows that, even under normal operating conditions and with timely maintenance schedules, the reliability of these systems decreases over time. This manifests as frequent malfunctions and operational failures. The primary reasons for this are technical and organizational shortcomings in maintaining system functionality. Daisy-chain type inter-block connections are the most frequently failing components under normal operating conditions. Repairing these connections in the field is typically done using a multimeter, a process that is difficult for one person to perform and time-consuming. A device for detecting faults in daisy-chain type inter-block connections interacts with 50 inter-block connections of a specialized computing device during operation. The use of this device significantly simplifies the search for faulty data transmission lines in specialized computing devices and reduces fault detection time to two minutes. The cost of such a fault detection device for daisy-chain type inter-block connections will not exceed 500 UAH. In the context of the ongoing russian-Ukrainian war, this is an optimal solution for detecting faults of this type in field conditions.

Improving the fault detection process in the computing devices of SAMS is an important task that requires a comprehensive approach and the implementation of advanced technologies. The implementation of the developed proposals will enhance the efficiency of maintenance and the reliability of surface-to-air missile systems.

PROPOSALS FOR ALGORITHMS OF THE SYNCHRONIZATION SYSTEM SCHEME FOR AN IMPROVED MULTI-CHANNEL RADAR STATION OF A MEDIUM-RANGE SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEM

*B. Marchenko; V. Shulezhko; E. Roshchupkin; O. Ovcharenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, a problematic issue is the restoration of components of Soviet-era surface-to-air missile systems (SAMS). This is due to the lack of necessary spare parts and components. One of the ways to address this is the development of equivalents for the required SAMS components using modern element bases. Regarding the combat assets of the S-300V1 SAMS, there are proposals for constructing certain components based on the outlined principle. In addition, while preserving the main operational principles and tactical-technical characteristics, the proposed schemes differ in: the number of elements and their configuration, as well as the procedures for functionality and technical condition checks. This needs the development of algorithms for the operation of the synchronization system to ensure the normal functioning of the corresponding SAMS assets.

During preliminary research, a synchronization system scheme based on microcontrollers was proposed for the 9S32 station. According to preliminary calculations, the proposed scheme ensures the generation of highly stable synchronization pulses and includes a memory device, microprocessor, and timer. This allows the synchronization system to adapt to changes in the station's configuration and ensures its normal operation. The report presents algorithms that ensure the operation of the upgraded transmission, reception, and antenna-waveguide systems.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE ALGORITHM FOR SEARCHING AND LOCALIZING FAULTS IN THE CONTROL UNITS OF THE AK F2K USING INFORMATION EXCHANGE CODEGRAMS BETWEEN DEVICES OF THE 5N63S RADAR

*A. Mokriak; D. Nikolaiev; M. Kalyta; O. Belov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, the most important and urgent task for maintaining the operational readiness of military equipment that has been in service for over 20 years is finding ways to improve its operational efficiency. One promising approach to enhancing the efficiency of such equipment, which is in a critically operational state under resource constraints, is the implementation of more advanced and time-minimized search methods and schemes for detecting various types of equipment failures, particularly in control units that bear the brunt of systematic load. Considering the experience of surface-to-air missile (SAM) units of the Ukrainian Air Force during the Russian-Ukrainian war, as well as the requirements and recommendations of the SAM command, there is a significant need to improve fault detection algorithms due to the increased failure rate of equipment, especially under conditions of frequent relocations due to position changes and physical wear and tear. The speed of detecting any equipment malfunction, which often occurs after deployment and activation at a new position, directly impacts the unit's effectiveness in performing combat tasks. An analysis of existing fault detection algorithms and schemes reveals that, for these types of equipment, deviations from established

tolerances and failures of control units and components require increased time for diagnosis. Given the current wartime conditions, maintenance personnel often lack this time. Therefore, there is a need to improve fault detection methods by minimizing the time required for diagnosis through the development of rapid fault detection algorithms for key control units. This will prevent additional malfunctions caused by incorrect diagnostics, which can affect the combat readiness of the SAM system.

**DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE TECHNICAL
IMPLEMENTATION OF ENHANCING THE INFORMATIVE
CAPABILITIES OF THE COORDINATE INDICATION DEVICE
FOR TRACKED TARGETS AT THE OFFICER'S WORKSTATION
IN THE AK F2K DURING COMBAT OPERATIONS
OF THE 5N63S RADAR**

*A. Mokriak; D. Nikolaiev; Y. Hudachenko; V. Koval
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Given the rapid growth and demand for technological advancements and digitalization in the modern world, where computing devices have become not only an integral part of our daily lives but also critical for military strategy and security, the issue of rapid equipment functionality in military hardware is of utmost importance. The experience of using the S-300P SAM system during the Russian-Ukrainian war has demonstrated its high effectiveness. However, due to outdated hardware, the equipment used for combat operations requires improvement, especially under conditions of massed air strikes by the enemy. Modernizing existing devices for measuring and displaying coordinates has become a crucial element in ensuring the accuracy and speed of delivering information about aerial targets, thereby enhancing the effectiveness of combat operations under such conditions. The development of a unified device for computing and displaying the altitude, range, and speed of tracked aerial targets within the F2K hardware container will enable personnel, particularly the acquisition officer, to quickly determine and control the altitude of detected targets without unnecessary delays. This will allow for timely monitoring of the characteristics of tracked and destroyed targets, as well as rapid assessment of firing results by displaying all three coordinates simultaneously on a single display. This improvement will enhance the combat efficiency of the command post crew, led by the division commander, by eliminating the need for time-consuming altitude calculations. This, in turn, will increase the effectiveness of target engagement and improve the reporting of combat operations' progress and results.

**IMPROVEMENT OF THE RADIO PROXIMITY FUZE
FOR A COMMAND-GUIDED SURFACE-TO-AIR MISSILE
UNDER THE INFLUENCE OF PASSIVE JAMMING**

*D. Tikhonov; V. Borysov; M. Kalyta
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of the combat employment of surface-to-air missile (SAM) systems that are using command guidance shows that the probability of target destruction depends on the effectiveness of the missile's warhead, specifically the alignment

between the radio proximity fuze (RPF) activation zone and the warhead's lethal area. When passive jamming affects the RPF's operation, the performance deteriorates due to premature activation, reducing the probability of target destruction, therefore, there is a need to correct the RPF activation timing.

In the semi-active phase-Doppler RPF of the 5V55 missile, two frequency channels and one phase channel are used and warhead detonation occurs after all three channels are triggered. Under normal RPF operation (in the absence of jamming), the sequence of channel activation is as follows: the second frequency channel, the phase channel, and then the first frequency channel. Thus, the first two channels are arming channels, while the last one is the execution channel. In the case of passive jamming, the first frequency channel triggers immediately, followed by the phase channel, with the second frequency channel serving as the execution channel. However, since the RPF is designed to trigger when the target signal passes through the first frequency channel, it activates prematurely by the time interval between the activations of the second and first frequency channels based on the target signal.

Eliminating this effect under passive jamming can be achieved by measuring the time of premature RPF activation and subsequently delaying its activation by the measured time.

OBSERVATION THE CAPABILITIES OF RADAR SYSTEMS OF PARTNER COUNTRIES TO RECOGNIZE GROUP TARGETS FOR TARGETING AND RECONNAISSANCE

*R. Gordienko; O. Klassen; R. Denysiuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Judging by the experience of the Russian-Ukrainian war, it can be concluded that the enemy uses various types of air attack weapons during massive and targeted attacks and is constantly improving them. The enemy is developing new methods of overcoming anti-aircraft missile systems, including the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and cruise missiles (CMs) operating in small groups in the breakthrough echelon.

In view of these trends, it should be noted that the use of these air attack weapons can significantly affect the course of hostilities. Since UAVs and cruise missiles are capable of causing significant damage and losses, air defense units need to have information about their number and types to effectively destroy air attack weapons.

Recognition of group targets involves timely detection and determination of their actual number in the area of responsibility. Therefore, reconnaissance and targeting radars must have high resolution in terms of angular coordinates, range, and speed. However, partner countries do not provide complete information on radars, including methods and algorithms for processing radar data. Increasing the resolution of radars can be achieved by using algorithms that combine signal processing methods to accurately recognize group targets.

Distinguishing group targets is aimed at expanding information capabilities and improving radar accuracy, which will significantly increase the effectiveness of anti-aircraft missile units and the air defense system as a whole.

IMPROVING THE CONTROL CHANNEL JAMMING RESISTANCE OF SURFACE-TO-AIR GUIDED MISSILES WITH FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM

*K. Sushchuk; D. Kasianov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the possible ways of adversary interference with the operation of surface-to-air missile systems is a noise jamming on the control command channel frequencies, which may lead to a loss of missile control.

Frequency-hopping spread spectrum (FHSS) is a key technology that significantly enhances the efficiency and jamming resistance of data transmission systems. Its application in surface-to-air missile systems that use radio command guidance for guided missiles ensures protection against jamming, improves control stability, and complicates the operation of enemy electronic warfare (EW) systems. Due to the constant frequency changes within a given range, the adversary cannot effectively create targeted interference to intercept or jam the control signal. This significantly increases the probability of a successful target hit even under strong jamming.

In modern combat scenarios, surface-to-air missile systems often operate in a multi-channel mode, simultaneously controlling multiple missiles or tracking several targets. The use of FHSS also helps reduce mutual interference between different control channels.

The implementation of FHSS in radio command guidance systems for surface-to-air guided missiles is an effective means of enhancing security, reliability, and control efficiency, allowing for the successful destruction of airborne threats even under conditions of intense electronic countermeasures.

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN SELECTING THE POSITION OF AN ANTI-AIRCRAFT MISSILE DIVISION

*V. Stanenko; A. Parfenov; M. Kriachko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian-Ukrainian war indicates that increasing attention is being paid to the use of unmanned systems and complexes during armed combat. This is primarily due to their extensive functionality. The recently, unmanned systems have been implemented at all levels, from tactical to strategic.

The use of unmanned complexes allows for the rapid and effective execution of assigned combat tasks with relatively low financial costs, one such task, for example, is close-range reconnaissance in support of tactical-level commanders to gather information for selecting and preparing positions for the deployment of an anti-aircraft missile division. These systems enable real-time terrain assessment to identify natural and artificial cover, determine optimal areas for positioning an anti-aircraft missile system, and monitor potential threats by observing enemy actions.

In my opinion the adventages, the use of unmanned aerial vehicles will allows tactical-level commanders, under time constraints, to analyze the terrain for the possibility of a quick position change if necessary.

**PROPOSALS FOR THE SCHEME OF A CONTROL AND ADJUSTMENT
DEVICE FOR QUADRATURE IDENTITY IN THE PHASE METHOD
OF SUPPRESSING THE IMAGE CHANNEL IN THE RECEIVER PATH**

*A. Shvydkyi; E. Roshchupkin; D. Kriuchkov; B. Haibadulov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, superheterodyne receiver schemes for processing radar signals are widely used. A drawback of superheterodyne reception is the presence of mirror reception, which significantly affects the receiver's performance.

One method to combat the mirror channel is to reject the signal of the corresponding frequency using a special filter. In the 9S32 station, this filter introduces a loss of 2 dB in the useful signal, which reduces the detection range of targets with a small radar cross-section and the accuracy of their coordinate measurements. During preliminary research, the use of a phase method for suppressing the mirror channel was proposed, which eliminates the aforementioned drawback. But, it was found that the operation of the circuit implementing this method significantly depends on the identity of its channels. Differences in amplitude and phase characteristics significantly affect the circuit's performance. To balance the characteristics of the quadrature channels, a control and adjustment scheme has been proposed. Its operation is based on managing the gain coefficients of the channels and their electrical path length. Amplitude control is achieved through the implementation of negative backward connection, which eliminates discrepancies in the amplitude transmission coefficients of the paths. Phase adjustment is performed using tunable phase shifters.

The report presents the schemes implementing the proposed solutions and the circuits that implement them.

**DEVELOPMENT OF A DATA EXCHANGE CHANNEL MODEL
BETWEEN THE LAUNCHER MK-I AND THE CTCO COMBAT
CONTROL POINT USING GNU RADIO SOFTWARE**

*A. Bidun; M. Abel; Y. Toropov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

With the beginning of the Russian-Ukrainian war, the Ukrainian Armed Forces received the foreign-made NASAMS anti-aircraft missile system (AAMS), in which the MV600 multifunctional radio station based on the principles of Software-Defined Radio (SDR) for data exchange between the launcher unit (LU) and the combat control center (CC).

In an SDR, software is utilized instead of fixed hardware circuits to perform various radio system functions, such as modulation, demodulation, filtering, and frequency conversion. This grants SDRs greater flexibility and adaptability compared to traditional radio systems, as their functional purpose can be altered by modifying the software code rather than hardware modules.

The present study examines the structure and operation of the data exchange channel between the LU and CC of the NASAMS AAMS. Using the GNU Radio software, which provides tools for signal processing and is widely employed in telecommunications, research, and radio frequency analysis, a simulation model of the data exchange channel between the LU and CC of the NASAMS AAMS was developed. The resulting model enables the evaluation of the technical

characteristics of the data exchange channel, identification of potential issues such as signal distortion, noise, delays, or signal loss that may impact the quality of data reception or transmission, and the determination of opportunities for its optimization and enhancement.

DISTINGUISHING AND ESTIMATING PARAMETERS OF AIR TARGETS USING MDL AND MLE CRITERIA, IN THE SCOPE OF DISTINCTION

*R. Gordienko; S. Trushyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the current Russian-Ukrainian war, a significant aspect of hostilities is the extensive use of air attack assets by the enemy. This use complicates the identification and effective neutralization by air defense systems. These air attack assets include single targets aimed at destroying critical infrastructure, communication nodes, or military units. Groups of air attack vehicles operate in a coordinated manner, employing heat traps and other countermeasures, necessitating the creation of a more complex defense structure. Effective protection is provided by anti-aircraft missile systems equipped with radar stations for airspace reconnaissance, detection, and targeting.

A critical aspect is accurately identifying the nature of the targets, distinguishing between single and grouped targets. In conditions of high density and noise, identifying the number of targets becomes problematic. There is a need to enhance radar data processing algorithms and develop new approaches to the analysis and recognition of airborne objects. This paper addresses the issue of detecting and estimating target parameters from radar data under conditions of dense object location. The approach is based on the Minimum Description Length (MDL) criterion for determining the number of targets and the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method for estimating parameters such as range, azimuth, and angle.

The modeling of radar observations considers the total signal energy of neighboring points of the matched filter sample, demonstrating the high efficiency of the approach for target separation.

Distinguishing group targets is aimed at expanding information capabilities and improving radar accuracy, which will significantly increase the effectiveness of anti-aircraft missile units and the air defense system as a whole.

DEVELOPMENT OF A TRIGGERING AND ARMING UNIT TRIGGERING ALGORITHM OF IRIS-T SLS SURFACE-TO-AIR MISSILE

*E. Morhun; V. Bratychenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of the operation experience of the IRIS-T SLM ground based air defense (GBAD) system which includes launchers with IRIS-T SLS surface-to-air missiles (SAM) in the Russian-Ukrainian war, shows, that the system is highly effective in killing such air targets as unmanned aerial vehicles and cruise missiles. At the same time, there is a need to improve the IRIS-T SLS operational safety, minimise the risks of emergencies and abnormal situations, and improve the effectiveness of air target engagement.

To address this task, it is necessary to study the technical characteristics, parameters and functioning of the radio fuze, the Safety and Arming Unit (SAU) of the IRIS-T SLS warhead of the and to develop an algorithm for activation of the IRIS-T SLS SAU. However, such research is difficult due to the lack of design and technical documentation and relevant mathematical models.

The report examines the main stages of the IRIS-T SLS targeting process and activation of the SAU. It presents the SAU activation algorithm and provides an assessment of the delay time of the proximity fuze activation, which, in turn, enables the determination of the required conditions for the SAU activation of the missile.

The significance of the proposed algorithm lies in:

- the ability to enhance the safety of missile operation by minimizing the risk of malfunctions;
- ensuring the correct activation of the IRIS-T SLS SAU even in complex conditions;
- effective use of GBAD system and educing missile expenditure during air defense engagements.

Considering the above, the developed algorithm is a crucial component in missile research to ensure the reliable and safe operation of the IRIS-T SLM.

ENHANCING ROCKET AND ARTILLERY EFFICIENCY THROUGH MODERN AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGIES

Z. Muftiyev

Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan)

In modern warfare, the implementation of automatic control systems (ACS) in rocket and artillery troops plays a crucial role in enhancing combat effectiveness. These systems enable rapid and precise engagement of newly detected targets, ensure coordinated fire control, and significantly reduce ammunition consumption. By minimizing the time firing units remain in position, ACS also improve survivability against counterattacks. This article explores the key advantages, application domains, and future development prospects of automatic control systems in rocket and artillery formations. Among the main benefits are improved accuracy and efficiency of strikes, accelerated decision-making for high-priority targets, enhanced coordination and integration, increased operational security, and more efficient resource utilization. ACS are widely and effectively employed in unmanned aerial vehicles (UAVs), reconnaissance systems, rocket complexes, automated artillery batteries, and fire-control centers. Future developments are expected to involve the integration of artificial intelligence, machine learning, and quantum technologies, leading to AI-driven target recognition, fully autonomous combat systems, cloud-based fire control, and advanced communication networks. These innovations will reinforce the battlefield superiority of rocket and artillery troops, making them a central force in future conflicts. Therefore, the development and deployment of next-generation automatic control systems should remain a top priority in military modernization strategies.

References

1. Hashimov E.G., Huseynov B.S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs // Baku : National Security and military knowledges. – 2021. – № 3. – C. 7.
2. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – T. 3. – № 4. – C. 21-31.

3. Piriyeв H.K. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // – Baku : Proceedings of Heydar Aliyev Military Institute, – 2023. No. 1 (40). – p. 7-16.
4. NATO defense reports. (2022). Future trends in missile and artillery automation. NATO Research Institute.
5. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
6. Muradov S.A. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // Modeling, Control and Information Technologies : Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – № 6. – С. 54-56.
7. Hashimov E.G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition // Proc. of Vth international scientific technical conference "Modern development directions of data communication technology and control means". – 2015. – С. 23-24.
8. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.
9. Huseynov B.S. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War // Problems of informatization. Proceedings of 11-th International Scientific and Technical Conference. – 2023. – Т. 3. – С. 16-17.
10. Bayramov A.A. et al. The supervisory control systems deployment in mountainous terrain // VIII Int. Conf. Modern development trends of ICT and control methods. – 2018. – С. 3-4.

**DEVELOPMENT OF A MODEL OF THE RECEIVING PATH
OF THE DATA LINK CHANNEL BETWEEN THE IRIS-T SLS
LAUNCHER AND THE TACTICAL OPERATION CENTER (TOC)
USING GNU RADIO SOFTWARE**

*E. Morhun; A. Sydoryshyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the combat operations of anti-aircraft missile units armed with the IRIS-T SLM ground based air defense (GBAD) systems in the russian-Ukrainian war showed the importance of ensuring reliable and high-quality communication between launchers and the TOC with controlled access and information security. This GBAD system is equipped with contemporary radio stations for technical communications such as SDTR VR5000 one of the key components of which is the receiver path.

The development of a simulation model of the receiving path for data link between the TOC and IRIS-T SLS launchers is advisable because the simulation allows you to adjust the parameters of the path, such as sampling rate, bandwidth, sensitivity etc. Thus, it is possible to enhance performance and adaptability to various signal transmission conditions. New or improved existing signal processing algorithms and more powerful processors can be used for this purpose. This can improve the quality of reception and reduce the impact of noise and distortion, which is especially important during combat operations when the enemy uses electronic warfare (EW).

Evaluating the technical characteristics of the receiving path will help identify its weakness and make the necessary improvements to increase the overall system efficiency. Systematic testing of the receiving path under different data transmission conditions will allow for verification of its operational correctness.

ESTIMATION OF THE DETECTION RANGE OF THE BARRAGING MUNITION "SHAHED-136" BY RADAR MEANS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS

S. Nechytailo¹, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;

M. Surhai¹, Candidate of Technical Sciences;

I. Skliarov¹; I. Nechytailo²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"

During the large-scale war against Ukraine, the occupation forces of the Russian Federation widely use unmanned aerial vehicles. On September 12, 2022, a Shahed-136 kamikaze drone was shot down for the first time near Kupiansk in the Kharkiv region. The use of drones of this type is constantly increasing. Thus, while in early 2023, on average, the enemy used 4 unmanned aerial vehicles (UAVs) of this type per day, by the beginning of 2025 this number had reached 80.

Thus, the fight against Shahed-136 drones is on the priority agenda for the air defense capabilities of the Ukrainian Defense Forces. The effectiveness of the fight against such targets depends heavily on their timely detection by fire units. Anti-aircraft missile systems remain one of the main means of combating such air targets.

The report presents the results of the estimation of the detection range of the "Shahed-136" UAV by the radar means of anti-aircraft missile systems in service with the anti-aircraft missile troops. The calculations were carried out taking into account the secondary radiation diagrams of the "Shahed-136" UAV model and the main characteristics of the radar means of anti-aircraft missile systems.

The calculations of secondary radiation diagrams of the "Shahed-136" UAV model were performed using an original methodology for determining scattered fields by air objects of complex shape developed at the Kharkiv National University of the Air Force.

The obtained results of the detection range of these UAVs should be taken into account when forming combat orders of air defense units and subunits.

DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONING ALGORITHM FOR A PROSPECTIVE TRAINER OF THE OPERATOR'S WORKSTATION OF A MEDIUM-RANGE SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEM DURING COMBAT OPERATIONS AGAINST BALLISTIC MISSILES

V. Kizub¹; V. Dzhus¹; S. Kukobko²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Limited Liability Company "UA Defense"

During the russian-Ukrainian war, the creation of software tools that provide interactive visualization of the combat application processes of medium-range surface-to-air missile systems (SAMs) remains highly relevant. At Kharkiv National

Air Force University, continuous efforts are being made to develop and improve such software tools. The adoption of foreign-made medium-range SAM systems by Ukraine introduces new challenges in creating software tools that facilitate the acquisition of primary combat operation skills on such systems.

This work substantiates the functioning algorithm of a prospective trainer for the operator's workstation of a medium-range SAM system during combat operations against single tactical ballistic missiles. The algorithm accounts for the specifics of combat operations at the following stages: preparation for firing, target engagement, and assessment of firing results.

During the preparation for firing at tactical ballistic missiles, the algorithm analyzes the number and types of missiles on launch platforms, their deployment, the specifics of assessing the air and jamming environment, the actions of the system operator, the operational modes of the SAM system, the selection of firing modes and weapon application modes, and the timing of missile launches.

During target engagement, the algorithm determines the coordinates of current interception points, the specifics of displaying aerial objects on indicators, and considers operator commands to cease engagement of tactical ballistic missiles.

During the assessment of firing results, the algorithm visualizes the scenarios of interception between the surface-to-air guided missile and the tactical ballistic missile. The quality of the medium-range SAM operator's performance is evaluated based on speed, accuracy, and reliability in executing operations.

The proposed functioning algorithm for the operator's workstation of a medium-range SAM system during combat operations against tactical ballistic targets is advisable to apply in the development of new and improvement of existing SAM simulation software tools. This will significantly enhance the quality of practical training for cadets.

IMPROVING THE ANGULAR RESOLUTION OF ACTIVE JAMMER DIRECTION FINDING FOR THE AN/MPQ-65 RADAR OF THE PATRIOT AIR DEFENSE SYSTEM

A. Pidubko¹; V. Dzhus¹; V. Shulezhko¹; O. Zvieriev²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*²Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
of Armed Forces of Ukraine*

The PATRIOT air defense system, actively used in the Russian-Ukrainian war to destroy tactical ballistic missiles of the Russian Federation, performs its assigned tasks under difficult jamming conditions. The radar elements of this system possess powerful means to reduce the impact of deliberate enemy jamming, but the angular resolution for direction finding of such jammers is limited by the beamwidth of the AN/MPQ-65 radar of the PATRIOT system. A promising approach to improving the angular resolution of this radar is the application of modern spatial spectral analysis methods.

To justify the structure of a direction finder implementing spatial spectral analysis methods, a preliminary comparative analysis of spectral analysis methods under conditions approximating the operational environment of the PATRIOT system was conducted. A simulation model was developed to provide quantitative assessments of the angular resolution of the AN/MPQ-65 radar of the PATRIOT system. A comparative analysis of spatial spectral analysis methods under the

operational conditions of this radar was performed, and practical recommendations for modernizing such radars were provided.

The results of this research are advisable to apply in the enhancement of equipment for modern and prospective medium-range air defense system radars.

IMPROVEMENT OF TARGET TYPE RECOGNITION BY THE BUK-M1 AIR DEFENSE SYSTEM TRACKING RADAR

V. Burtsev¹; V. Burtseva²; V. Slyusak¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A0785

In modern radar systems, differences in the spectral and energy parameters of the received signal are used to identify the type of target. Application of technology to reduce the effective reflection surface of the target signal can lead to the appearance of a significant error in the existing target detection equipment. That's why the task of improving the target detection equipment for the Buk-M1 self-propelled missile system is crucial.

For each type of target, regardless of the technology used to reduce the effective reflection surface, the proportion of their horizontal and vertical sizes remains constant. For instance, this proportion ranges from 4.2 to 3.8 for heavy bombers, 3 to 3.5 for tactical fighters, 8 to 12 for cruise missiles, and 2.5 to 2.8 for aerial bombs.

To expand the capabilities of target-type detection equipment, an additional device can be used, allowing the assessment of the proportion of the target's horizontal and vertical dimensions using the amplitude immediate direction-finding method.

The report presents a method of mutual correlation processing of received signals from the outputs of the summary and differential channels of the receiver. This processing allows for emphasizing the maximum amplitude of signal fluctuations in the vertical and horizontal measurement planes of the target's coordinates.

The report also provides a mathematical justification and a structural diagram of the device for the selected method of mutual correlation processing with normalization of the received signals of a target tracked by a radar. Including this device as part of the target type detection equipment allows the commander of the combat service of the Buk-M1 self-propelled missile system to make justified decisions regarding the order of firing at the designated target.

RECOMMENDATIONS FOR INERTIAL AND SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS FOR TRAJECTORY MEASUREMENTS

V. Kuznecov¹; V. Bratko¹; M. Husak¹, Candidate of Technical Sciences; K. Kvitkin²

¹State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment

Testing and Certification;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The development of recommendations for utilizing existing inertial and satellite navigation systems for trajectory measurements during testing of weaponry and military equipment (WME) is driven by the need to substantiate the optimal conditions for applying research results to enhance test efficiency. These recommendations are based on the findings of research related to the development of

the test range and laboratory infrastructure of the State Scientific Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.

In cases where the deployment of optical-electronic and radar-based trajectory measurement systems at test ranges is unfeasible, or when aiming to optimize human and financial resources, the use of combined inertial and satellite navigation systems is recommended. These systems can ensure the required measurement accuracy.

The specific configuration of combined trajectory measurement systems, integrating inertial navigation and global satellite navigation systems for WME testing, depends on the characteristics of the test objects, accuracy requirements, and the cost of measurement systems.

At the technological level, a critical requirement during WME testing is the capability to transmit measurement data in real time over distances of up to 20 km. To meet this requirement, test ranges must be equipped with modern digital electronic communication systems.

METHODOLOGY FOR STUDYING THE MUTUAL COUPLING OF TX-MULTIPACKS OF ACTIVE PHASED ANTENNA ARRAYS

A. Dudush¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Hrechko²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A3730

Analytical methods allow to estimate the characteristics of an antenna, based on the assumption of its isolation from external influences. However, in modern conditions such approaches do not provide high-quality design of antenna radiators intended for use in phased array antennas (FAA). Therefore, the current global trend in the field of research of characteristics and development of antennas is the active use of computer-aided design (CAD) systems at the design stage, such as CST Studio Suite. This allows to determine with high accuracy the parameters of elements and nodes of complex systems even before the start of their development, which saves production and human resources. A methodology for studying the coupling of TX-multipacks in CST Studio Suite CAD system is proposed, which includes:

- creation of a CAD model of the antenna radiator taking into account the characteristics and parameters of the materials;

- breaking down the antenna radiator structure using appropriate meshes (Tetrahedral or Hexahedral);

- calculation of the directivity characteristics of the antenna radiator using the appropriate calculator (Transient Solver or Frequency Solver) and method (Finite Integration Technique, Finite Element Method);

- creation of a CAD model of the TX-multipack taking into account the characteristics and parameters of materials;

- creation of the phased array structure using the System Assembly and Modeling (SAM) package;

- calculation of the directivity characteristics of the phased array taking into account the directivity characteristics of the TX-multipacks and their mutual coupling.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF PERSPECTIVE CONTROL SYSTEMS FOR ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILES WITH AN ACTIVE HOMING HEAD

I. Pomohaiev¹; V. Kaleniuk¹; D. Molchanov¹; O. Momit²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine

The precision weapons systems in service with the most developed countries currently use fourth-generation guided missiles. The guidance systems of these missiles are usually built according to the traditional (classical) topology.

The essence of this theorem is that under the quadratic quality criterion and random Gaussian signals and interference, the optimal system consists of an optimal linear filter necessary to obtain the current estimate of the state vector and a deterministic optimal processor (controller) that generates all components of the optimal control vector.

When synthesizing homing systems, the missile and target are represented as material points. In this approach, the control object is no longer the missile, but the kinematic component, which is a mathematical model that describes the relative motion of the missile and the target.

The creation of fifth-generation precision weapons will be based mainly on the use of guidance systems built on advanced topology. Perspective guidance systems will use control laws that require the measurement of the missile-target range for their implementation. The use of dual-band cm/mm semi-active-active guidance homing head and the transition of active guidance homing head to the use of 3.5 mm wavelength range are considered as promising.

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ МОДУЛІВ У ПРОТИПОВІТРЯНОМУ ПРИКРИТТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*О.І. Соломицький, д.військ.н., с.н.с.; В.Л. Череп, к.військ.н., ст.д.
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

У ході широкомасштабної збройної агресії РФ проти України відзначається завдання по об'єктах критичної інфраструктури комбінованих ударів різномірними засобами повітряного нападу, зокрема безпілотними літальними апаратами (БПЛА).

В існуючій системі безпосереднього протиповітряного прикриття для боротьби з ударними БПЛА спостерігається нестача вогневих спроможностей, яку можна компенсувати за рахунок застосування безпілотних роботизованих модулів (БРМ). Однак нині на озброєнні ЗС України немає зразків БРМ, які прийняті на озброєння (постачаються) до ЗС України.

Доцільно розглянути можливості щодо розроблення БРМ, оснащених ракетним, зенітно-артилерійським озброєнням (калібру більше 20 мм), зброєю роторного типу калібру від 12,7 мм або комбінованого типу.

Прикладом сучасних зенітних роботизованих засобів є комплекси, які включають пасивні й активні елементи виявлення (радары, оптико-електронні системи наведення), що дозволяють відстежувати цілі на великій дальності як

вдень, так і вночі та мають можливість використання програмованих боєприпасів (UT30MK3, Oerlikon Skynex, System Zwalczenia Dronów).

Проведений аналіз та розрахунки свідчать, що використання БРМ дозволяє компенсувати нестачу вогневих спроможностей сучасних систем ППО, підвищуючи ефективність боротьби з ударними БПЛА на різних висотах.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF EXTERNAL TRAJECTORY MEASUREMENT SYSTEMS BASED ON INERTIAL NAVIGATION AND GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS

*R. Barvinok¹; V. Strigun¹; A. Zaszjadko¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;
O. Hubarieva²*

*¹State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The global trend in the development of external trajectory measurement systems based on inertial navigation and global navigation satellite systems is focused on:

– enhancing the precision and miniaturization of inertial navigation system sensors;

– advancing algorithms and software that enable time synchronization of data from multiple sources (modern sensors such as LiDARs, high-resolution cameras, radars, etc.) to obtain sufficient information about the test object;

– improving technologies for use high-dynamic aircraft;

– deepening integration with other technologies, such as artificial intelligence and machine learning, to enhance data analysis and decision-making processes;

– developing systems that are less susceptible to electromagnetic interference and capable of operating in environments with high electromagnetic noise;

– implementing high-performance and efficient data storage and processing solutions to ensure rapid and accurate analysis;

– enhancing security systems to protect against unauthorized access and to ensure data integrity and confidentiality.

These development trends should be taken when determining the optimal set of necessary measurement equipment and establishing the procedures for utilizing measurement tools while accounting for the impact of external factors on the measurement system.

METHODOLOGY AND MODEL FOR CALCULATING THE RANGE AND PROBABILITY OF LOCKING ON TARGET BY AN ACTIVE HOMING HEAD

I. Pomohaiev¹; I. Maliar¹; D. Molchanov¹;

O. Zvieriev², Candidate of Technical Sciences

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*²Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of
Armed Forces of Ukraine*

The methodology for calculating the probability of locking on a target by an active homing head (AHH) is being developed to provide a real-time capability to assess the probability of detection (false alarm) a target by an AHH on board an anti-

aircraft guided missile (AAGM) and determine the range of target lock on for autotracking. The methodology involves the formulation of a mathematical model for the construction of a mm-wave AHN and should ensure that it can be used within the model of the AAGM guidance loop.

The range of locking on a target by an AHN operating in the mm-wave band significantly depends on the design features of the AHN equipment, the conditions of electromagnetic wave (EMW) propagation and the air and target environment. Most of these factors primarily affect the value of the signal-to-noise ratio. The signal-to-noise ratio at the input of the AHN receiver is equal to the ratio of the power of the received echo signal at the output of the receiving antenna and the noise power supplied to the AHN receiver input.

The development of a methodology and model for calculating the range and probability of locking on a target by an active homing head is an important step in improving high-precision weapons. The proposed approach allows to take into account a wide range of factors affecting the efficiency of the AHN and provides high accuracy of its parameters` prediction.

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ОСНОВНИХ ТИПІВ ТА ВИДІВ ЗЕНІТНИХ СИСТЕМ ТА КОМПЛЕКСІВ

С.М. Петрук, к.т.н., ст.д.

*Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки Збройних Сил України*

Під час агресії російської федерації проти України зенітні ракетні комплекси (ЗРК) та зенітні артилерійські системи відіграють ключову роль у сучасній протиповітряній обороні (ППО). Розвиток зенітних систем зумовлений зростанням загроз з боку авіації, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та гіперзвукової зброї.

З урахуванням проведеного аналізу основних типів та видів зенітних систем та комплексів, застосування їх в локальних війнах та збройних конфліктах сучасності, узагальнено основні світові тенденції їх розвитку, які наведено нижче.

Розширення діапазону ураження. Сучасні ЗРК прагнуть до збільшення дальності та висоти перехоплення цілей. Це дає змогу протистояти не лише літакам і вертольотам, але й балістичним ракетам, крилатим ракетам, безпілотним літальним апаратам та гіперзвуковим об'єктам.

Модульність та багатофункціональність. Нові комплекси розробляються з урахуванням модульних рішень, що дозволяє швидко замінювати радіолокаційні станції, пускових установок або систем управління в залежності від характеру загрози. Багатофункціональність дає змогу одному комплексу ефективно протидіяти різним типам повітряних цілей.

Інтеграція в мережі та системи загальної протиповітряної оборони. ЗРК все частіше стають елементами інтегрованих систем ППО/ПРО, де обмін даними між радаром, командними пунктами та іншими засобами відбувається в режимі реального часу. Це підвищує ситуаційну обізнаність, координацію дій та ефективність загальної системи протиповітряної оборони.

Застосування сучасних сенсорів та технологій виявлення. Вдосконалюються системи радіолокації з використанням багатофункціональних РЛС з АФАР (активними фазованими антенними решітками), оптико-електронних систем, пасивних та багатопозиційних

сенсорів. Це підвищує здатність виявлення малопомітних цілей, включно зі стелс-літаками та малорозмірними БПЛА.

Автоматизація та штучний інтелект. Впровадження елементів штучного інтелекту та машинного навчання забезпечує швидше прийняття рішень, автоматизовану обробку даних сенсорів і зменшення навантаження на оператора. Зростає ступінь автономності комплексів, які можуть самостійно визначати пріоритети цілей та оптимальні режими ураження.

Підвищення мобільності та скорочення часу реакції. Нові ЗРК проєктуються з урахуванням швидкого розгортання, згортання та переміщення, що дає можливість оперативно реагувати на зміни обстановки та забезпечувати протиповітряну оборону динамічних груп військ.

Урахування економічної ефективності та надійності. Виробники прагнуть створювати системи, що потребують менше технічного персоналу, простіші в обслуговуванні і мають меншу вартість життєвого циклу, забезпечуючи при цьому високу готовність та надійність.

Таким чином, зенітні системи є важливим компонентом сучасної безпеки, їхній розвиток визначається зростанням нових викликів та технологічним прогресом. Майбутнє протиповітряної оборони за інтегрованими, високоточними та автономними рішеннями. Для ефективного захисту необхідне постійне оновлення та адаптація зенітних комплексів до сучасних загроз.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РУХОМОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ КОЛІСНИХ ШАСІ КОМПЛЕКСІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

О.М. Гребеник, к.т.н., с.н.с.

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Проведення заходів з розроблення перспективних зразків комплексів протиповітряної оборони Сухопутних військ та модернізації існуючих ускладнено вибором силових установок їх спеціальних колісних шасі (СКШ).

За результатами розробленої дескриптивної моделі застосування комплексів та проведеного їх функціонального та структурного аналізу проведено їх розподіл відповідно до призначення (бойового застосування) та можливостей (технічної досконалості) на дві групи: 1 група – комплекси, що виконують бойове завдання з прикриття військ (підрозділів, колон) у рухомих видах бойових дій з ходу (ведення розвідки та стрільби при русі) або з коротких зупинок; 2 група – комплекси, що виконують бойове завдання тільки при розгортанні у бойовий порядок (ведення розвідки та стрільби з місця) з почерговим їх переміщенням (перекатами) у нові райони з забезпеченням безперервного прикриття.

Провівши ряд досліджень визначено, що показник необхідної рухомості СКШ комплексів 1 групи повинен бути не меншим за показник рухомості підрозділу (колони), а тактико-технічні характеристики (ТТХ) СКШ не гіршими за ТТХ зразків підрозділу. Показник рухомості СКШ комплексів 2 групи повинен значно перевищувати показник рухомості підрозділу (колони),

що прикривається комплексом, а показники ТТХ СКШ кращими за показники ТТХ зразків підрозділу (колони).

Таким чином, розроблена методика дозволяє проведення визначення показників необхідної рухомості СКШ комплексів та може бути використана при створенні перспективних зразків СКШ комплексів на стадії проектування.

ФУНКЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА

О.О. Зверев, к.т.н., доц.; С.М. Петрук, к.т.н., ст.д.;

А.А. Орлянський; С.І. Слободенюк

*Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки Збройних Сил України*

Функційні випробування зразка зенітного ракетного озброєння (далі – ЗРО) іноземного виробництва повинні проводитися відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 17.12.2021 № 160 та ДСТУ В 15.210:2023 “Система управління життєвим циклом озброєння та військової техніки. Випробування озброєння та військової техніки. Основні положення. Класифікація”.

Організація та порядок проведення випробувань, права та обов’язки членів комісії, а також порядок прийняття зразка іноземного виробництва на озброєння (постачання) визначаються наказами державного замовника.

Функційні випробування мають проводитися за Програмою та методиками функційних випробувань, які розробляються відповідно до ДСТУ В 15.211:2023 “Система управління життєвим циклом озброєння та військової техніки. Програми та методи випробувань. Основні положення”.

За результатами функційних випробувань складається протокол функційних випробувань та рішення державного замовника за протоколом функційних випробувань, в яких зазначається ступінь відповідності бойових, технічних та експлуатаційних характеристик зразка ЗРО іноземного виробництва вимогам державного замовника.

На підставі позитивних результатів функційних випробувань готується наказ державного замовника про прийняття зразка ЗРО іноземного виробництва на озброєння (постачання).

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИПРОБУВАНЬ ДЛЯ ДЕРЖАВНИХ ВИПРОБУВАНЬ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ

О.О. Зверев¹, к.т.н., доц.; В.В. Лук’ячук², д.т.н., проф.

*¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України;*

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Важливою частиною створення сучасних зенітних ракетних комплексів (ЗРК) є етап державних випробувань (ДВ) дослідного зразка ЗРК, які мають проводитися на полігонах в умовах, максимально наближених до реальних умов його бойового застосування.

У процесі державних випробувань виникають протиріччя між вимогами щодо достовірної оцінки ТТХ дослідного зразка ЗРК експериментальними методами та можливістю створення необхідних умов для проведення випробувань ЗРК на полігоні при дотриманні вимог щодо забезпечення безпеки випробувань та мінімізації витрат на проведення випробувань. Єдиним способом вирішення цього протиріччя є організація та проведення натурних випробувань дослідного зразка ЗРК на базі комбінованої випробувальної системи (КВС), яка забезпечує оптимальне поєднання натурних експериментів та випробувань з використанням спеціалізованих засобів імітаційного та напівнатурного моделювання.

КВС може бути реалізований як комплекс технологій, що дозволяють враховувати як можливості обладнання реального полігону, так і можливості віртуальної реальності (віртуального полігону) для забезпечення умов і безпеки випробувань дослідного зразка системи протиповітряної оборони.

Впровадження КВС дозволить підвищити точність оцінок характеристик та ефективності дослідного зразка ЗРК за рахунок використання великої кількості статистичних даних, отриманих завдяки застосуванню імітаційного моделювання та напівнатурних випробувань.

РОЗВИТОК ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРОТИВНИКА

Д.В. Рєзнік, к.військ.н., доц.

Національний університет оборони України

Розвиток безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) у сучасних війнах став одним із ключових чинників трансформації ведення бойових дій. Масштабне застосування БпЛА створило нові загрози для українських військ. Ефективні традиційні засоби протиповітряної оборони часто виявлялися не пристосованими до перехоплення масованих атак мікро- та міні-БпЛА через їхню малопомітність і маневреність. Крім того, знищення БпЛА противника за допомогою зенітної керованої ракети інколи є не виправдано дорогим рішенням.

Тому, з середини липня 2024 року в на сході України розпочалося масове застосування підрозділів БпЛА-перехоплювачів якими за період липень-листопад 2024 року було знищено більше тисячі розвідувальних БпЛА.

Поки термін “БпЛА-перехоплювач” ще не визначений в державному стандарті України, але використовується як понятійний апарат, який зрозумілий всім фахівцям з ППО, а саме щодо виконання завдань ураження ворожих БпЛА – тобто “БпЛА-перехоплювач” або “UAVI (Unmanned Aerial Vehicle Interceptors)”.

Обидва терміни відповідають суті пристрою, але “БпЛА-перехоплювач” чи “UAV Interceptor” є більш формальним і технічним, а “Дрон-перехоплювач” або “Interceptor Drone” краще підходить для неформального використання чи спілкування з ширшою аудиторією. Тому для офіційних документів і публікацій рекомендовано використовувати “UAV Interceptor” (“БпЛА-перехоплювач”).

Отже, термін “БпЛА-перехоплювач” це більш офіційний і технічний термін який використовується в документах, військовій термінології, та для опису складних систем.

ТЕХНІЧНИЙ ОБРИС РОЗПОДІЛЕНОЇ МАЛОПОМІТНОЇ СИСТЕМИ ОБОРОНИ ВІД ПОВІТРЯНИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ

*Р.М. Животовський, к.т.н., ст.д.; О.О. Білобородов, д.т.н., ст.д.
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Досвід України, отриманий впродовж ведення війни, показав, що ціллю повітряних ударів стають важливі об'єкти військової та цивільної інфраструктури. Висока кількість засобів повітряного нападу дальньої дії не дозволяють здійснити протиповітряне прикриття всіх об'єктів. Протиповітряна оборона на лінії зіткнення ускладнена надмірною кількістю малих повітряних цілей, а також демаскуванням активних радіолокаційних засобів.

Вирішення проблем локального захисту об'єктів в умовах великої кількості повітряних цілей можна за рахунок розроблення розподіленої малопомітної системи оборони, до якої включається:

напівактивна система радіолокаційного виявлення з окремими (окремо розташованими) активним засобом і пасивними засобами;

система радіолокаційного наведення та корекції польоту ракети;

малорозмірні високошвидкісні зенітні керовані та некеровані ракети різної дальності дії, з різнотипними головками самонаведення та різними бойовими частинами (контейнер ракетних засобів з варіативним складом ракет різної дальності, різних типів головок самонаведення (ГСН) та/або бойових частин (БЧ) з можливістю окремого віддаленого розташування від засобів виявлення та наведення).

У доповіді представлено технічний обрис та основні характеристики запропонованої системи.

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ УГРУПОВАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

О.В. Глоба, д.філос.; В.Г. Паталаха, к.військ.н., доц.;

Ю.О. Горобець, к.військ.н., доц.

Національний університет оборони України

Під час формалізації завдання з оцінювання ефективності відновлення ОВТ та уточнення порядку проведення розрахунків для визначеного складу угруповання ЗРВ, було визначено, що у якості показника оцінювання ефективності відновлення ОВТ ЗРВ доцільно обирати час проведення ремонтно-відновлювальних робіт. При цьому, слід враховувати наступні внутрішні фактори: кількісний склад та кваліфікація ремонтного персоналу, наявність ефективної інформаційної підтримки при виконанні технологічних операцій ремонту складових частин зразків ОВТ та зразків ОВТ в цілому, забезпеченість РВО інструментами та матеріалами, необхідними для проведення ремонту.

Проведені розрахунки визначили залежність часу ремонтно-відновлювальних робіт від зазначених факторів, що надало можливість визначити, зміна яких показників має найбільший вплив на час проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Аналіз проведених розрахунків дозволив також визначити, що при відносно низьких значеннях коефіцієнтів технічної готовності навченості особового складу, низької наявності технічної документації для зменшення часу ремонту доцільно збільшувати саме їх, а якщо вони доволі високі, то пропонується, за можливості, збільшувати кількість особового складу тими спеціалістами, які залучаються до проведення ремонтних робіт.

Також, за результатами проведених розрахунків, для підвищення ефективності відновлення ОВТ угруповання ЗРВ змішаного складу в зоні ведення бойових дій, сформульовано кілька рекомендацій, які можна умовно поділити на такі, що необхідно запроваджувати “негайно” та такі, що потребують “планового” запровадження.

НАПРЯМИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Б.Ж. Шкурат, д.філос.; П.А. Дранник, к.військ.н., с.н.с.;

Д.В. Резнік, к. військ.н., доц.

Національний університет оборони України

Ефективне виконання завдань підрозділами зенітних ракетних військвимагає своєчасного та повного логістичного забезпечення їх дій, зокрема з питань відновлення озброєння та військової техніки. Досвід російсько-української війни підкреслив наявні та виявив ряд нових проблем в організації ремонту та технічного обслуговування озброєння, що впливають на боєздатність підрозділів зенітних ракетних військ. Тому запропоновано скориговані принципи для побудови оновленої системи відновлення озброєння та військової техніки, зокрема щодо визначення пріоритетів у відновленні зразків озброєння не тільки на підставі їх критичності для ведення бойових дій, але й доступності запасних частин та можливостей ремонтних підрозділів. Запропоновано уточнений розподіл обсягів ремонту по зонах ведення бойових дій в залежності від їх наближення до лінії бойового зіткнення та існуючих ризиків. Акцентовано необхідність створення автоматизованої системи управління відновленням та наведено основні принципи її побудови і функціонування. Додатково запропоновано підходи до створення уніфікованих засобів технічного обслуговування та ремонту для покращення укомплектованості ремонтних підрозділів з урахуванням особливостей експлуатації озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ.

Таким чином, удосконалена система відновлення озброєння та військової техніки дозволить забезпечити мобільність ремонтних органів, підвищити рівень технічного забезпечення та створити механізми оперативної взаємодії з органами постачання щодо ремонту та технічного обслуговування озброєння.

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВИСОКОТОЧНОГО ОЗБРОЄННЯ КЛАСУ “ПОВІТРЯ-ПОВЕРХНЯ”

*А.А. Седляр, к.військ.н., с.н.с.; В.М. Пасічник, к.військ.н.
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Досвід війн останнього десятиліття та активної фази російсько-української війни, отриманий протягом 2022-2024 років, свідчить, що однією з основних рис ведення бойових дій є нанесення масованих ракетно-авіаційних ударів високоточними балістичними, аеробалістичними та крилатими ракетами. Проведений аналіз дозволив визначити, що до основних тенденцій розвитку високоточного озброєння класу “повітря-поверхня” належать:

розроблення оптимальних аеродинамічних схем, систем наведення, бортового обладнання та двигунів для досягнення необхідних показників точності, дальності польоту, надійності роботи та технологічності; розроблення та виробництво керованих засобів ураження під широку номенклатуру носіїв повітряного, наземного та морського базування; збільшення потужності бойових частин ракет та дальності їх польоту за рахунок використання ефективного хімічного складу вибухових речовин та порохів (рідин); створення надзвукових та гіперзвукових ракет за рахунок їх оснащення турбореактивними двигунами і гіперзвуковими прямооточними повітряними реактивними двигунами; оснащення ракет сучасними системами навігації (типу DSMAC, TERCOM), які порівнюють завантажені у бортовий комп’ютер цифрові дані про рельєф місцевості з даними від датчиків ракети, що підвищує ефективність їх застосування у цілому; зменшення радіолокаційної та теплової помітності за рахунок використання сучасних поглинаючих покриттів; забезпечення можливості автоматичного вибору висоти польоту на кінцевій ділянці траєкторії польоту залежно від рельєфу місцевості.

ВИКОРИСТАННЯ ШКАЛИ ЗОЛОТОГО ПЕРЕТИНУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ ЩОДО СИСТЕМИ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПРИКРИТТЯ

*О.В. Глоба, д.філос.
Національний університет оборони України*

Критерієм прийняття рішення для вибору варіанту системи зенітного ракетного прикриття є такі значення спроможностей, за яких забезпечується потрібний рівень виконання системою завдань в операціях. Частковими критеріями є потрібні значення результативності, збереженості об’єктів прикриття і угруповань військ, збереженості системи.

Щоб оцінити спроможності системи зенітного ракетного прикриття дуже часто пропонується порівнювати часткові показники із відповідними рівнями безрозмірної шкали бажаності, відомої ще як шкала Харрінгтона. За такого методу узагальнений показник обчислюється шляхом визначення рівнів спроможностей часткових показників, визначенням відповідних цим рівням середніх інтервальних значень, а потім – усередненням отриманих середніх інтервальних значень часткових показників та порівнянням отриманого усередненого значення зі шкалою бажаності.

Інші критерії оцінювання спроможностей пропонується отримати з використанням шкали, яка градуйована в пропорціях “золотого перетину”. Принцип золотого перетину є широко відомим принципом пропорційного розподілу цілого на нерівні частини, за якого ціле відноситься до більшої частини так, як найбільша частина відноситься до меншої.

Шкала Харрінгтона у своїй основі містить психологічне підґрунтя, що дозволяє командирі (командувачу) поділяти наслідки своїх рішень на “дуже добрі”, “добрі”, “середні”, “задовільні” та “незадовільні” в рівних пропорціях. Нерівність відстаней між зазначеними оцінками при використанні шкали золотого перетину, пояснюється математичними особливостями цієї пропорції й уподобаннями особи, що приймає рішення.

МЕТОДИКА ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

Б.Ж. Шкурат, д.філос.

Національний університет оборони України

Противітряна оборона є невід’ємною складовою сучасних бойових дій, а постійний розвиток засобів повітряного нападу, тактики їх застосування та висока динаміка змін обстановки вимагають від посадових осіб швидкого та обґрунтованого вибору способу виконання завдань з прикриття визначених об’єктів з повітря. Для цього необхідні відповідні моделі оцінювання ефективності противітряної оборони. Однак існуючі моделі часто не враховують комплексність системи противітряної оборони, її сучасний склад, та специфіку обстановки. Тому метою дослідження є розробка методики вибору математичних моделей для оцінювання ефективності противітряної оборони. В ході дослідження узагальнено підходи до оцінювання ефективності противітряної оборони та запропоновано методику вибору математичних моделей, яка враховує вихідні дані, очікувані та побічні ефекти бойових дій. На відміну від існуючих, запропонована методика передбачає процес вибору інструменту моделювання, який базується на комплексному врахуванні вихідних даних.

Застосування методики сприяє підвищенню обґрунтованості вибору математичних моделей, що покращує точність оцінювання ефективності противітряної оборони. Гнучкість методики дозволяє її адаптацію до специфічних умов моделювання, з урахуванням доступних обчислювальних ресурсів та особливостей виконання завдань. Результати дослідження можуть бути корисними командувачам угруповань (командирам військових частин) противітряної оборони під час прийняття рішень на бойові дії, а також науковим працівникам під час досліджень.

СЕКЦІЯ 7

ТАКТИКА РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК, РОЗВИТОК ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ РТВ. ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ В ХОДІ БОЙОВИХ ДІЙ

Керівники секції: бригадний генерал Донченко М.М.;
д.т.н. проф. полковник Худов Г.В.
Секретар секції: майор Ляшенко О.І.

MEASURES TO INCREASE THE PROBABILITY OF DETECTION AND QUALITY OF TRACKING OF AIR TARGETS WITH LOW RADAR CROSS-SECTION

*M. Donchenko¹; H. Khudov², Doctor of Technical Sciences, Professor;
D. Zotova²*

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The experience of the Russian-Ukrainian war shows a significant spread of the use of air and sea-based cruise missiles, shock unmanned aerial vehicles of the Shahed, Gerbera, Lancet, Molnia and other types during air attacks on critical infrastructure facilities of Ukraine. All these means of air attack, as radar intelligence objects, are characterized by a small effective scattering surface, which makes it much more difficult to detect and accompany them.

Domestically produced radar equipment, which are mainly in service with the radio engineering troops of the Air Force of Ukraine, are mostly morally obsolete and even at the development stage were not designed to detect and accompany air targets, the effective scattering surface is several square centimeters. Therefore, it is relevant to use radar stations such as SNOV, Global Master, Giraffe AMB, as well as the creation of a complex for detecting unmanned aerial vehicles by combining radar, acoustic stations, optoelectronic detection means and passive location means that detect aircraft by scanning the UAV's own radiation.

The use of radars of partner countries, as well as an integrated approach to airspace reconnaissance, will allow the timely detection of UAVs of various types, both strike and reconnaissance, for further issuance of information to interacting units for their destruction.

SPECIFICS OF FPV DRONE TACTICS BASED ON THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

I. Khizhnyak, Candidate of Technical Sciences;

T. Kalimulin; I. Hridasov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern armed conflicts have demonstrated the importance and high effectiveness of First-person view (FPV) drones in military operations. These systems have become a seamless element of state-of-the-art combat tactics due to

their compactness, maneuverability, and capability for precision strikes. Nevertheless, despite the advantages of FPV drones, they also have certain limitations, primarily – their vulnerability to electronic warfare (EW) systems. This flaw requires further improvements in technical characteristics to deny the enemy capabilities to suppress drone control and video transmission channels, as well as to intercept and spoof the signal. The maximum effectiveness of such drones can be achieved only through a comprehensive understanding of their operational tactics. Such an understanding is crucial for mobile units of radar troops, whose positions have also been a target for FPV drones during the Russian-Ukrainian war.

Important stages of FPV drone tactics include thorough reconnaissance of the area, using other UAVs, or using recce units. Detection of potential targets, threat assessment, and optimal flight path planning occurs at this stage.

Another crucial aspect is maintaining effective cooperation between different military units. Synchronized actions of drone operators with ground forces and artillery units help minimize the risks of losses and ensure the required level of tactical support in the combat area.

Carrying out an actual mission with an FPV drone requires a meticulous selection of the optimal attack moment, considering the target's specifics and environment. The operator controls the drone in real-time, maneuvering to an optimal attack position. Using relays and enhanced outboard aerials lowers the chance of enemies' EW interference, whereas a combined use of FPV drones with other types of armament significantly increases military operations' effectiveness.

The further development of FPV drones requires enhancing their resistance to EW systems and improving weapon guidance systems by introducing modern automation algorithms. Ongoing research and development in the given area will enhance the effectiveness of FPV drones in military operations and their better integration into state-of-the-art combat control systems.

The research has been conducted with the support of grant funding provided by the National Research Foundation of Ukraine call "Science to Strengthen Defense Capabilities of Ukraine", name of the project "Information technology for automated image segmentation of objects in targeting systems of strike FPV drones based on swarm intelligence algorithms", registration number 2023.04/0153.

SEARCH OF OBJECTS BY SPECTRAL SIGNS ON ELECTRO-OPTICAL IMAGES FROM RECONNAISSANCE UNMANNED AERIAL VEHICLES

H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

B. Lisohorskyi, Candidate of Technical Sciences;

O. Goorin, Candidate of Technical Sciences; A. Hurin, Ph.D.

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The report considers a method for searching for objects in optoelectronic images from reconnaissance unmanned aerial vehicles using spectral filtering and computer processing. A feature of the method is the use of spectral characteristics of the object of interest and the background to calculate a hardware function (filter vector) to increase image contrast. At the final stage, the resulting image is computer processed, which involves dividing it into areas of equal size and determining the area where the object of interest is located, based on the elements with the highest brightness value.

A mathematical model has been developed that searches for objects in an image based on spectral features. The decision about the presence of an object of interest in the image areas is made for areas with elements that have the highest brightness value.

EVALUATION OF METEOROLOGICAL SIGNAL PARAMETERS BASED ON EIGENVECTORS AND EIGENVALUES OF THE CORRELATION MATRIX OF INPUT INFLUENCES

D. Atamanskyi, Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor;

R. Stovba; L. Prokopenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The procedures for landing and takeoff of aircraft are often complicated not only by poor visibility caused by heavy rain, turbulence, and gusty winds, but also by turbulence resulting from the mixing of air volumes with different temperatures and humidity levels. These optically undetectable meteorological phenomena are difficult to identify due to low radar reflectivity values.

The features of detecting and assessing the Doppler spectrum width of such meteorological phenomena are discussed based on the "pair pulse" method. It is shown that estimation errors depend on the power ratio between the meteorological phenomena themselves and the receiver's internal noise. A method for eliminating this dependence is proposed. It is based on using the correlation matrix representation of the input influences through its eigenvectors, dividing the matrix into signal and noise components, and subsequently reducing the influence of the noise component.

The effectiveness of the proposed method is illustrated with simulation results. Analytical expressions are derived for the distribution density of both absolute and relative errors in estimating the Doppler velocity fluctuation spectrum width of the meteorological components.

IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY OF AUTOMATED ASSESSMENT OF COMBAT CAPABILITY INDICATORS OF RET UNITS ACCORDING TO THE RESULTS OF COMBAT APPLICATION

S. Leshenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;

O. Kolesnik, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; R. Prymak

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The experience of conducting combat operations during the repulsion of the large-scale invasion of the Russian Federation into Ukraine has shown the need to improve the existing methodology for assessing the combat capabilities of RTV units based on the results of combat use using objective control of the information and communication system "Virazh-planshet", which is widely used as a situational awareness system for the air situation. The practice of using the information and communication system "Virazh-planshet" shows the possibility of improving the procedure for assessing indicators and the content of reporting documents, which should be evaluated in an automated manner.

The report proposes, based on the results of combat use of units and divisions of radio engineering troops, to evaluate the air target tracking coefficient, which can be calculated in an automated manner using the results of objective control of the information and communication system "Virazh-planshet". It is shown that the use of automated processing of radar information allows to significantly reduce the time for processing and creating reporting documents, to improve the completeness and reliability of the obtained values of the combat capabilities of RTV units and subdivisions. Proposals are made to improve the training methodology for radar operators and unit tablet operators to assess the results of their combat work during training.

SYNTHESIS OF MATHEMATICAL MODELS OF COMBINED SIGNALS WITH LINEAR AND CUBIC FREQUENCY MODULATION LAWS

*O. Kostyria, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;
S. Kovalevskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Y. Oliynyk; O. Liashenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

This paper is devoted to the synthesis of radar signals with a reduced level of the lateral lobes of their autocorrelation functions (ACF). For this purpose, it is proposed to use combined signals (CS) consisting of time-sequenced fragments with linear and cubic laws of intra-pulse frequency modulation. New mathematical models are developed for the cases of current and shifted time. The results of mathematical modelling indicate the absence of frequency-phase distortions of the proposed CS, which is a sign of the adequacy and efficiency of the developed mathematical models, which can be used to expand the nomenclature of sensing signals of radioelectronic means for various purposes.

The position on the occurrence of jumps in the instantaneous phase derivatives at the junctions of fragments and their subsequent influence on the frequency-phase distortions of the resulting CSs is theoretically and practically confirmed. The peculiarity of the used approach is to take into account the appearance of new components of frequency-phase distortions caused by the emergence of the fourth derivative (jerk) of frequency modulation. Compared to the signal consisting of two linearly frequency modulated (LFM) fragments, the new signal provides a decrease in the maximum level of the side lobes within 3 dB and a significant (up to 10 dB/dec) increase in the rate of decay of the level of the side lobes of the ACF. The width of the main lobe of the ACF at 0.707 compared to the LFM-LFM signal increased only slightly, by about 1.4 %.

MODEL OF THE SIGNAL REFLECTED BY A MOVING CRUISE MISSILE AT THE OUTPUT OF A VHF BAND RADAR ANTENNA ARRAY

*G. Zalevsky, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Borysenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The results of computer modeling of signals reflected by cruise missiles 3M-14 "Kalibr" and Kh-101 at the output of a VHF band radar antenna array are presented. The developed electrodynamic model of the signal reflected by a cruise missile enables the simulation of secondary radiation characteristics, taking into account the

object's trajectory (aspect angle relative to the radar), the missile's surface geometry, the parameters of the probing signal, and the characteristics of the antenna array.

The model's input data include arrays with spherical coordinates of target illumination points, signal reception points, the frequency grid of the discrete probing signal, as well as radar cross-section characteristics of cruise missile models.

The energy graphs of signals reflected from moving cruise missiles following a specified trajectory are discussed. The impact of the probing signal's discretization step on modeling accuracy, as well as the effect of probing signal frequency variations on the average energy of the received signal, are analyzed.

The developed model can be used to assess and refine the capabilities of existing VHF band radars for detecting and tracking airborne objects, to substantiate requirements during the design phase of radar systems, to develop time-frequency signals processing algorithms and justification for the tactics of using VHF radar systems.

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF DETECTING UNMANNED AERIAL VEHICLES OF THE "SHAHED" TYPE, TAKING INTO ACCOUNT THE CHOICE OF POSITION AND TERRAIN USING SPECIAL MATHEMATICAL SOFTWARE "VIRAGE-RD"

*V. Ocheredko; S. Melnik; H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
O. Patyukov*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Every day, the Russian Federation launches hundreds and thousands of "Shahed" UAVs into the territory of Ukraine, which are designed to destroy ground-based stationary objects by targeting and contact detonation of the UAV's warhead. Due to their manoeuvrability and range, "Shahed" UAVs can fly at low and extremely low altitudes, which in turn complicates their detection.

Therefore, the task of choosing a position for detecting "Shahed" UAVs by radars of radio engineering troops in the southern direction is relevant. This is especially important when the enemy tries to overload the air defence system, destroy military facilities, critical infrastructure of cities and civilians.

Using special mathematical software "Virage-RD", the flight routes of the "Shahed" UAV were calculated, and radar detection zones were calculated.

The modelling of the process in the southern direction was carried out taking into account the experience of the Russian-Ukrainian war. The quality of detection of these aerial objects was assessed, taking into account the terrain to select a position. Recommendations on the location of radars were provided.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR MODERNIZING TRANSMITTING DEVICES OF LEGACY RADAR SYSTEMS USING DDS GENERATORS

*I. Leonov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Kostianets, Candidate of Technical Sciences; A. Kalyna; O. Klimets*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

After three years of the Russian-Ukrainian war, the tactics of weapon deployment have significantly shifted towards the use of robotic systems. These technologies have proven effective on land, at sea, and in the air. Due to their low

visibility and ability to operate in any weather conditions and at any time of day, they achieve remarkable results. However, a critical vulnerability of such systems is their control system, which can be disrupted by electronic warfare (EW) measures.

To counteract this, UAV control systems employ various techniques, including operation in different frequency bands (including millimeter waves), rapid frequency hopping, signal encryption, and more. Various devices are used to detect such UAVs, but radar systems (RLS) remain a priority due to their all-weather capability and real-time tracking ability.

The use of radar systems for UAV detection has highlighted the need for transmitter-receiver devices, probing signals, and processing algorithms that can be adapted without replacing the station's hardware base. Digital programmable devices, including Direct Digital Synthesis (DDS) generators, offer such flexibility.

The paper analyzes and evaluates the capabilities of modern DDS shapers. Variants of their construction are proposed for the synthesis of signals with variable frequency-time parameters. Recommendations are given for the use of DDS shapers in the modernization of the old radar fleet.

ANALYSIS OF THE EXISTING METHODS OF DETECTING THE ENEMY'S UNMANNED AERIAL VEHICLES AT THE POSITION OF THE RADIO ENGINEERING UNIT

*R. Baliuk; I. Khizhnyak, Candidate of Technical Sciences; Y. Oliynik; O. Patiukov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of the experience of the Russian-Ukrainian war shows that the intensive use of reconnaissance and attack unmanned aerial vehicles (UAVs) significantly affects the conduct of hostilities in general, as well as the effectiveness of the combat use of units of radio engineering troops. Modern armed conflicts are characterized by the active use of UAVs by the enemy for reconnaissance, adjusting fire, and launching strikes.

Reconnaissance UAVs actively interact with attack UAVs to destroy fire equipment, air defense system (APV) elements, and radar stations (Radar). The experience of the Russian-Ukrainian war shows that, first of all, the enemy attacks the positions of mobile radio technical units, particularly individual radar platoons. Therefore, the issue of countering UAVs is gaining critical relevance.

In this regard, timely and effective detection of UAVs is extremely important for ensuring the safety of personnel and protecting the positions of radio engineering units. Today, there is a wide range of UAV detection methods, each of which has its advantages and disadvantages.

The experience of the Russian-Ukrainian war shows that the main reconnaissance UAVs that the enemy can use to scout the positions of a separate radar platoon are drones of the Zala, Orlan, and SuperCam series.

The analysis of the existing methods of detecting UAVs allows us to single out the following main trends:

1. The development of radar technologies involves the creation of radars with increased sensitivity and resolution capable of detecting small UAVs at long distances.

2. Automation of processes, which includes developing software for automatic detection and tracking of UAVs, reduces the burden on radar operators.

The analysis shows that the effectiveness of each method depends on specific combat conditions, the type of UAV used, and the countermeasures used. To achieve

maximum efficiency, radio engineering units must actively use radio-electronic suppression. Prospects for developing UAV detection technologies are associated with improving data processing algorithms and constantly improving radio-electronic means of combat.

IMPROVING THE QUALITY OF CRUISE MISSILE RADAR SURVEILLANCE IN THE VHF BAND

*O. Borysenko; G. Zalevsky, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;
S. Kovalevskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the moment VHF band radars (P-18 "Malakhit") are the main means for obtaining radar information about air objects. Such radars characterized by high mobility, reliability and long detection range.

Combat application of radars are systematically investigated for the purpose of improving the methods of their using. Computer modeling can be used for obtaining additional information about cruise missile radar scattering characteristics for various conditions.

There was developed a calculation technique which allows simulating a cruise missile responses for given parameters. Model is based on electrodynamic (integral equation) method for calculation electromagnetic field scattered by cruise missiles.

Model allows simulating signals reflected by cruise missiles in the output of antenna array with given parameters. Influence of ground interface on reflected signals can also be taking into account.

Using developed software we have been obtained results of cruise missile radar scattering for various conditions, for monostatic and bistatic cases.

We discuss some recommendations on improving the quality of cruise missile radar surveillance in VHF band based on obtained results.

Developed models also can be used at the stage of developing (modernization) advanced VHF radars.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS TO REDUCE THE MANEUVER TIME OF A SEPARATE RADAR PLATOON (SRP) BASED ON THE EXPERIENCE OF THE RUSSO-UKRAINIAN WAR TO ENHANCE ITS SURVIVABILITY

*Y. Solomonenko, Candidate of Technical Sciences; M. Khvalko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring the efficiency and survivability of a separate radar platoon (SRP) is one of the key tasks in modern combat conditions, where the speed of decision-making and adaptation to sudden changes in the air situation are among the primary measures of radar reconnaissance. It is crucial to review maneuver execution methods, considering the enemy's reconnaissance capabilities.

Given the diversity of aerial attack assets, an analysis of the enemy's reconnaissance and strike capabilities against SRP combat formation elements was conducted. As a result, the optimal deployment of the unit was determined to minimize the risk of detection and destruction.

Based on the experience of the russo-ukrainian war, maneuver execution is carried out by weapon of military equipment (WME) separately and via different

routes. The primary task is folding and, if possible, relocating equipment mounted on vehicle chassis while cable infrastructure remains in place after disconnection. When selecting a position, it is essential to consider the terrain and its fire resistance and plan maneuver routes to prepared locations.

Thus, proposals have been developed to reduce SRP maneuver execution time, primarily by improving time efficiency in deploying and folding radar stations. Using the example of the P-18 "Malachite" radar station, one of the key improvements is the manufacturing of stands for the antenna-mast device (AMD), which significantly reduces the time required to prepare the AMD trailer for maneuvering.

ANALYSIS OF THE LATEST DEVELOPMENTS AND THE APPLICATION OF THE MISSILE PROGRAM IN UKRAINE

*V. Borovyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Y. Rafalskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
D. Pavlov; A. Tkalych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

From the very beginning of the full-scale invasion, the Russian Federation has been using a large number of missiles of various types and purposes against targets on the territory of Ukraine. What is the state of development of modern missile weapons by domestic producers and will they be able to surpass and worthily confront the enemy?

Our state once developed domestic cruise missiles "Korshun" and "Blyzkavka". But due to lack of funding, they remained at the development stage. The only project that has been realized is "Neptun". This is the same missile that was used to sink the cruiser "Moskva".

At the end of last year the President of our country announced that by 2024 Ukraine will have produced 100 of its own missiles and that four other types of missiles of its own production are being tested. What kind of missiles are we talking about? Apparently, they are the "Trembita" cruise missile and the so-called drone-missiles "Palianytsia", "Ruta" and "Peklo".

It is known that "Palianytsia" is completely designed and manufactured in Ukraine. Its development took one and a half years. It is launched from a ground platform and has several guidance systems. The warhead weighs up to 100 kg. Due to its high speed, it can easily penetrate enemy air defense systems. The "Ruta" cruise missile will have vertical take-off and landing, a range of up to 300 km and a speed of up to 800 km/h. The "Peklo" missile is already in mass production. It has a range of up to 700 km and a speed of up to 700 km/h. "Peklo" has two types of guidance: inertial and GPS. The warhead of the latter two types weighs up to 50 kg.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE CONSTRUCTION OF A MICROWAVE AMPLIFIER FOR A SMALL-SIZED RADAR RECEIVER

*O. Kostianets, Candidate of Technical Sciences; H. Tsiupka
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current state of component base development allows for the implementation of effective methods for signal generation and processing in radar systems (RLS). The experience of the Russian-Ukrainian war has demonstrated the effectiveness of

small-sized radar systems of various purposes, which perform the functions of detecting and measuring the coordinates of ground and aerial objects. Such radar systems are used to provide radar information to mobile fire groups and units of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine.

The primary equipment of such radar systems includes the 1P133 and 1P136 stations – short- and close-range surveillance radars designed for reconnaissance of moving ground targets (tanks, armored personnel carriers, vehicles, individual soldiers, and infantry units, as well as, more recently, unmanned aerial vehicles flying at low altitudes) at any time of day or year, even in the absence of optical visibility and against complex terrain backgrounds.

The observed objects for such radar systems include airborne targets with a low effective scattering surface, moving at low and extremely low altitudes with low speeds. The tasks performed by small-sized radar systems impose specific requirements on the design principles of their transmitting and receiving devices.

This report proposes a structural scheme for a short-range radar system. Recommendations are provided regarding the practical application of such radar systems for ground object security. Through mathematical modeling, the key parameters of the microwave amplifier and input filter (preselector) have been determined. Their topology has been developed, confirming the feasibility of practical implementation of the proposed solutions.

WAYS OF MUTUAL IDENTIFICATION OF UKRAINIAN AND NATO WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

*O. Maliarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
I. Trofymov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; Ye. Smetana
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring mutual identification of weapons and military equipment (WME) is becoming increasingly important in the context of military assistance provided to Ukraine by partner countries to repel Russian aggression. The WME provided or to be provided to the Air Force (WME NATO) that require radar identification are aircraft and surface-to-air missile systems (SAMs), and no provision of surveillance radars for radio engineering troops was envisaged: Ukraine has the industrial potential to produce and repair such radars.

In the context of the supply of weapons with dismantled means of identification, it is necessary to equip NATO SAMs with "Parol" interrogators, and NATO aircraft with "Parol" transponders. The possibilities of performing such work are significantly limited or impossible due to the technical incompatibility of the Ukrainian and NATO identification systems: different radio frequencies, design characteristics, power supply parameters, types and principles of external communications, and formats of control signals and identification data. Only surveillance radars with mirror antennas can be equipped with complex interrogators of the "Parol" and Mk XA systems. There is experience in building such antennas. Equipping or re-equipping other radars, SAMs and aircrafts with phased array antennas with integrated interrogators or transponders of another system is practically impossible due to the need for significant upgrades to the high-frequency part and software.

In the short term, the only method of mutual identification remains: indirect identification by providing ground-based firepower (Ukrainian and provided by

partners) and air control centers with coordinate information and identification data on their own and enemy aircraft. This capability is demonstrated by the example of the special software "Virage-Planshet".

ANALYSIS OF MEANS FOR SHORT-RANGE AERO BALLISTIC AND BALLISTIC MISSILES RADAR DETECTION

*V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Tahyan
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the russian-ukrainian war convincingly shows that short-range ballistic missiles and hypersonic aero ballistic missiles remain effective means of air attack. The main problem in combating such means of air attack is that their speeds and flight tracks are beyond the spatial and speed capabilities of existing air defense systems.

Analysis of the world's experience in combating these means of air attack proves that a special class of radar means is needed to detect them in a timely manner, which, by their technical characteristics, are capable of solving territorial missile defense tasks. It is the AN/TPY-2 radar as part of the THAAD missile defense system, the AN/SPY-6 in the "Aegis" naval missile defense system and its land-based version "Aegis Ashore", the Israeli EL/M-2080 "Green Pine" and EL/M 2080S "Super Green Pine" radars, which are the main source of information for the "Hetz-2" and "Hetz-3" missile defense systems.

The main features of all ballistic and aero ballistic detection radars of the world's militarily advanced countries are high energy potential, a wide vertical viewing sector and flexible space viewing algorithms, thanks to the use of digital antenna array technology.

LIMITATIONS AND FEASIBILITY OF STANDARDIZING NATO TERMINOLOGY

*O. Maliarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
I. Dvornichenko; Ye. Smetana
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ukraine is in the process of developing military standards based on NATO standards, including terminological. However, the experience of developing normative documents based on NATO standards shows that a significant part of NATO terms cannot be standardized in the Armed Forces of Ukraine. For example: the military standard BCT 01.111.002-2021(01) was developed on the basis of the publication AAP-28(B) "NATO Glossary of Identification".

The combat capabilities of the Ukrainian and NATO identification systems (interrogation modes, principles of general and individual object identification), technical characteristics of the identification equipment differ significantly, and the concepts and terms of identification also differ. Therefore, NATO's identification terminology cannot be standardized in Ukraine. Moreover, according to the head of the NATO Terminology Office, NATO's chief terminologist, most of the terms contained in AAP-28(B) have not yet been agreed upon by the allies and not standardized within the NATO Terminology Program.

At the same time, knowledge of NATO terminology ensures understanding of documents and facilitates communication between specialists in certain military fields. What is needed is not a regulatory document, but a reference manual. The Research Center of KHAFU developed a military educational and methodological publication ПвВП 7-00(53).01 "Dictionary of NATO identification terms". This dictionary corrected the errors of AAP-28(B) and the standard BCT 01.111.002-2021(01), in which the translation of terms and definitions of AAP-28(B) was made without taking into account the established terms and/or definitions of concepts, principles of construction and characteristics of radar identification and secondary radar for air traffic control systems, given in the national standards of Ukraine, regulatory documents of the International Civil Aviation Organization and NATO standard STANAG 4193.

**METHODOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF DETECTING
RADAR SIGNALS WITH NONLINEAR FREQUENCY MODULATION
IN THE PRESENCE OF A NONSTATIONARY
INTERFERENCE BACKGROUND**

*A. Hryzo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Ivanyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Lukianchykov; I. Bukhalov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In radar technology, signals with long-duration frequency modulation are widely used, allowing for an increase in transmitted energy without degrading range resolution while maintaining peak power constraints. However, the presence of sidelobes in the received signal at the output of the compression filter leads to the overlapping of passive interference from different range areas. This results in an interference pattern with a more uniform spatial intensity distribution, reducing the potential for signal detection.

Thus, research on assessing the impact of the level and variation of sidelobes in the autocorrelation functions (ACF) of received signals under different degrees of interference background nonstationarity is highly relevant.

The objective of this study is to develop a methodology for evaluating the impact of ACF sidelobes in nonlinear frequency-modulated (NLFM) signals on the quality of their detection in the presence of a nonstationary interference background.

A model for assessing signal detection quality has been proposed by determining the parameters of the generalized gamma distribution of interference power, which depends on the shape of the ACF. The assessment was conducted by calculating the probability of correct target detection for different levels of interference background nonstationarity.

The best results were obtained for NLFM signals with minimal sidelobe levels, which helps reduce the impact of interference and improves detection accuracy.

The use of NLFM signals with reduced ACF sidelobe levels enhances target detection quality under complex conditions. The proposed methodology can be used to optimize the parameters of radar systems operating in environments with high interference nonstationarity.

IMPROVEMENT OF ELECTROMECHANICAL AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS ANGULAR POSITION OF OBJECTS

*A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
L. Solovyova; O. Sadlyak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Electromechanical systems for automatic control of the angle of rotation of the object have found wide application in military systems. Outdated induction measuring devices – selsyns, need to be modernized, and the use of modern rotation angle sensors – encoders, electromechanical devices, with the help of which it is possible to determine the position of the axis (shaft). The required accuracy of setting (pointing) rotation systems in many cases is much greater than the error caused by the operation of the encoder, which is much smaller than that of selsin and insignificant compared to the accuracy of the rotation system as a whole.

The main advantage of such motors is the ability to fix the position of the rotor with a holding current; high pitch accuracy; high reliability and long service life. and especially stepper motors with feedback, remains quite high at the moment. It is also advisable to use stepper motors when modernizing existing systems for controlling the angular position of objects.

To analyze the quality of functioning of the electromechanical rotation system, it is proposed to use the SIMULINK software shell of the MATLAB application package. The analysis of the obtained graphs allows you to quickly estimate the characteristics of rotation and, by changing the parameters of the elements, estimate their impact on the characteristics of rotation. As a result of the simulation, static and dynamic characteristics of electromechanical systems for automatic control of the angular position of objects using modern element base were obtained, which allow us to draw conclusions about the improvement of the accuracy and speed of the systems.

APPLICATION BY SIDE LOBE SUPPRESSION SYSTEM IN SURVEILLANCE RADARS OF VHF BAND

*O. Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Tuhai; Y. Hura
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When tracking air targets with a large effective scattering area, on the screens of radar view indicators false marks may appear in the directions of side lobes of the radiation pattern, in addition to the target mark in the direction of its main lobe. This phenomenon occurs if the level of echo-signals received by the side lobes of the radiation pattern exceeds the detection threshold. This phenomenon can be eliminated in surveillance radars by using a side lobes suppression device (SLS).

It is proposed to implement this system in the 5H84AMA type radar. The absence of auxiliary antennas and corresponding feeders in this radar is not an obstacle, since the places for mounting such antennas and feeders have been preserved. This makes it possible to restore the auxiliary channels in the radar without significant costs and digitally process the received echoes in the future.

A mathematical model of the operation of the proposed SLS device for the 5H84AMA radar has been developed. The cases of operation of such a device for

different conditions of interference are considered. Proposals are made to eliminate cases of incorrect operation of the SLS device under the influence of active noise interference of different intensity.

POSSIBLE VARIANTS OF DIGITAL ANTENNA ARRAY IMPLEMENTATION FOR THE ALTIMETRIC CHANNEL OF THE VHF WAVEBAND RADAR

*G. Kamaltynov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Kolesnik, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Tahyan
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The ways of creating a separate altimetric channel based on a one-dimensional digital antenna array for various construction options and taking into account the capabilities of Ukrainian enterprises and existing development experience are considered. It is shown that an expedient option for constructing an altimetric channel is the use of an X-band solid antenna array, which is placed on a separate semi-trailer and synchronously rotates with the radar station antenna. The altimetric channel antenna is a digital active array (DAA), which provides in the vertical plane a fan-shaped partial beam pattern for reception and a cosecant pattern for transmission. The use of a chirp signal is considered as a radar signal. To reduce the pulse radiation power, the use of continuous radiation with separation of transmitting and receiving channels and antennas is discussed as an option. In this case using a symmetric chirp signal is proposed.

The ways of practical implementation of the DAA to provide the losses minimization and time development reducing are considered. These ways are: construction of a flat antenna array in microstrip design; implementation of the radio frequency path based on the use of SDR technologies (Software Define Radio) or special solutions from Analog Devices as 16Tx/16Rx Direct L/S/C-Band Phased-Array DAC construction kit and technologies; technologies that used in 5G mobile communications (broadband analogue-to-digital beamformer circuits in ADAR1000 integrated design, broadband digital transceivers and ADXUD1A integrated up/down converters from X-Band to C-Band).

RADARS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES – DIRECTIONS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

*G. Kamaltynov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Kuts, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
K. Tahyan; M. Gariachiy
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report examines the ways and prospects for the development of radars which placed on unmanned aerial vehicles (UAV) for various purposes. The advantages of UAV radars, options for its intended use, classification, main characteristics by UAV radars class and the main developers of one are considered. The stages of UAV radar development are analyzed. The main trends in the development of one are identified.

It is shown that the design of UAV radars is divided into three main types: container, with conformal antenna arrays; with a remote antenna in the fairing and

processing equipment inside the UAV. According to the principle of space viewing, modern UAV radars are divided into synthetic aperture radars, active phased array radars with a circular view of airspace by mechanical antenna rotation, and with a sectoral view by active phased array. The transition from reflector antennas to active phased arrays is the main trend in the development of UAV radar. Most modern UAV radars use X and Ku frequency bands, container side-view radars use L frequency bands, and radar homing use frequencies of about 75 GHz, i.e., the frequency bands of UAV radars are being expanded. The trend of UAV radar development based on the basic model is considered in detail. Particular attention is paid to the implementation of new technologies that are not inherent in traditional ground-based radar equipment, in particular, SWaP (Size, Weight, Power, Cost) technologies.

The problems of production UAV radars in Ukraine and trends in their development in the near future are considered.

DESIGNING OF VISUAL SIMULATION SIMULINK APPLICATIONS FOR MODELING IMPULSE INTERFERENCE COMPENSATION ALGORITHMS IMPLEMENTED IN RADAR STATIONS OF THE RADIO TECHNICAL TROOPS WITH DIGITAL SIGNAL PROCESSING

I. Nevmerzhtsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

K. Torba; S. Vintonyak

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

As of today, the task of comprehensive study, research, and evaluation of the effectiveness of impulse interference compensation algorithms implemented in radar stations (RS) of the radio technical troops (RTT) remains relevant. To address the full range of issues related to this task, it is proposed to use visual simulation Simulink applications that model the behavior of impulse interference compensation algorithms.

The report presents general approaches to the development of visual simulation Simulink applications for modeling impulse interference compensation algorithms implemented in the P-18MA and P-18 "Malachite" radar stations. The visual simulation modeling was carried out using the Simulink package from the MATLAB system library. The functionality of the visual simulation Simulink applications was tested through a series of experiments, the results of which do not contradict the already known conclusions.

The proposed visual simulation Simulink applications allow for the assessment of the effectiveness of existing impulse interference compensation algorithms and provide extensive opportunities for exploring ways to improve them.

PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF TRAINING AND SIMULATION EQUIPMENT FOR THE P-37 RADAR SYSTEM

F. Zots, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

O. Ochurenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Tkachenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Given that the training and simulation equipment of old-generation radar systems is morally outdated and incapable of providing adequate training for young radar operators, the authors have developed a functional diagram of a modern radar simulator for the P-37 system.

During the development of proposals for creating the simulator, particular attention was paid to the features of modeling the air and interference environment. This environment must meet modern requirements and ensure effective radar operator training. The software for this simulator is proposed to be implemented based on the specialized software of the "Virage-RD" integrated training exercise system, which is currently used by the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine.

When designing the functional scheme of the P-37 radar training and simulation equipment, special emphasis was placed on the interface device between a personal electronic computing machine (PC) and the radar system. It is proposed to use Arduino boards, which are cost-effective (approximately \$20) and offer expandable software and hardware capabilities.

Thus, the developed functional diagram of the P-37 radar simulator will serve as the basis for designing a modern training and simulation complex. This, in turn, will allow: reducing training costs for analog radar operators by decommissioning energy-intensive, morally and physically outdated standard simulators; providing training for analog radar operators within a unified tactical environment (a common air and interference situation) by employing a networked approach. This approach will integrate multiple radar operator simulators into a single training and simulation system based on the "Virage-RD" complex.

CREATION OF A NETWORK OF UNSERVICED RADS LAYERS OF SMALL AND EXTREMELY SMALL HEIGHTS

O. Ochkurenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

F. Zots, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

M. Kihtenko; L. Prokopenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Russian-Ukrainian war not only gave impetus to the development of unmanned aerial vehicles (UAVs) of various classes, but also revealed a number of new features in the manner of using airspace. At present, it is very important to solve the issue of reliable detection and tracking of a large number of UAVs of various types, which are characterized by a small effective dispersion area, low speed and flight altitude. High-quality detection of all types of aircraft at extremely low and low altitudes can be solved by significantly upgrading existing radars or developing new radars.

The creation of a network of non-maintained radars to control the airspace in the tier of extremely low and low altitudes is seen as quite promising. It is advisable to use network-centric technologies in order to simplify the radar signal processing system as much as possible. At the same time, it is necessary to create specialized radar information processing centers from out-of-service radars. This approach will provide an opportunity directly in the radar to carry out only high-quality reception of a set of signals with high spatial resolution, high-bit analog-to-digital conversion and high-quality transmission of the radar through a high-speed communication channel.

Effective separation of useful signals from passive/active interference, high-quality detection of aerial objects, high-quality secondary signal processing, aircraft classification procedure should be carried out directly in the specialized radar information processing centers. In that centers, the functions inherent in counter-battery radars can be performed, for example, calculations of artillery

positions (mortar calculations) and others. Ensuring the high efficiency of the specialized radar information processing centers is possible at the expense of the use of artificial intelligence technologies.

RECOMMENDATIONS FOR THE USE OF ELECTRONIC WARFARE EQUIPMENT ON THE COMBAT LINE

*K. Sadovyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
I. Krasnoshapka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Kostromin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine, the problem of detecting and combating enemy unmanned aerial vehicles of various types has arisen. Ukrainian official manufacturers of electronic warfare (EW) and volunteer manufacturers are constantly improving their products, taking into account the needs of troops on the front line. Nevertheless, effective counteraction to enemy drones requires constant monitoring of their tactics and technical characteristics, which are constantly changing.

A study was conducted on the effectiveness of the use of electronic warfare equipment from different manufacturers (the so-called "trench" and "backpack" type) against reconnaissance and FPV drones directly on the contact line in open space and in the forest. Statistical data were obtained on the impact of power, signal frequency, pattern and terrain type on the effectiveness of electronic warfare.

Statistical data on the number and type of drones shot down (grounded) for each electronic warfare device on different types of terrain were obtained.

Based on the study, the most effective electronic warfare means and the most vulnerable types of enemy drones were identified. Data on the reliability of various types of electronic warfare equipment, their ergonomics, and the duration of uninterrupted operation were also obtained.

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR THE COMMANDER OF A RADIO ENGINEERING UNIT IN CASE OF A SUDDEN CHANGE OF POSITION TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

*B. Bakumenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; K. Kuzmin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of the Russian-Ukrainian war, Russia has been actively using various means of air attack to launch missile and bomb attacks.

At the beginning of the Russian-Ukrainian war, the positions of the radio engineering units were mostly stationary and permanent. Taking into consideration that all the positions of the radio engineering troops were known the enemy constantly attacked them especially in the first echelon. The enemy used unmanned aerial vehicles (UAV) of the type "Lantset" to destroy the advanced units of the radio engineering troops.

For the purpose of timely evacuation from under attack the standard time for the deployment of radar and communication equipment exceeds the time of combat use of the strike UAV.

In view of the above unit commanders are forced to use non-standard ways and solutions to reduce the time to change positions.

The main recommendations to the unit commander include: deployment of communication equipment at a distance from radars to avoid damage; placement of certain material and technical means in dugouts that will not be moved in case of a sudden change of position; advance selection of the route, its preparation and the tractor being in a towed state; in some cases the antenna systems are left in a half-folded state; low-power units placed in protected dugouts are used to operate the folding motors of the antenna systems; training and coordination of the combat personnel.

The proposed recommendations for unit commanders will not only reduce the time required to deploy and move radar stations to get them out of enemy attack and save the lives of servicemen but also allow them to continue performing their combat mission.

RADAR SYSTEMS FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES DETECTION. CLASSIFICATION, REQUIREMENTS FOR CONSTRUCTION, DEVELOPMENT DIRECTIONS

*V. Tiutiunyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
G. Kamaltynov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
G. Rybalka, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
K. Tahyan; H. Mehelbei, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report discusses the special characteristics of unmanned aerial vehicles (UAV), which affect the complexity of their radar detection. Capabilities of existing radars for detecting UAV, measuring their motion parameters and recognizing are analyzed. Attention is focused on the limitations of radar reconnaissance of this class of targets by surveillance radar. Specific requirements for detecting UAVs specialized means are formulated. Technical solutions for the construction of UAV radar detection means, including for individual and collective protection systems against fpv-drones, are substantiated. The list and justification of quantitative and qualitative rates of the main technical characteristics of radar means are given (frequency range, method of air surveillance, required radiation power, type of radar signal, power consumption from power sources and etc.). The classification of UAV radar detecting is given. The main developers of radars for UAV detection from the leading countries of the world are described.

Possible ways of implementing the technical parameters of UAV detection radar are described. It is shown that most attractive frequency range for UAV radar detection are X and Ku frequency ranges. Also, according to the world experience, it is possible to use the L frequency ranges. The use of digital active antenna arrays with parallel space viewing in vertical plane and fast azimuth scan by mechanical antenna rotation as the main option for building an antenna system is justified. The use of cylindrical or spherical antenna arrays without mechanical rotation is also promising. The expediency of using semiconductors modules as a power amplifiers in radar transmitters is considered. The possibility and necessity of using continuous signals with frequency modulation as a radar signal are considered in detail. This additionally requires the use of spaced antennas and radar signal generation with low phase noise. The paper describes possible ways of practical implementation of small-sized digital antenna arrays for use in radar detection of UAVs. The results of

research tests of some types of foreign small-sized radars designed for UAV detection are presented.

The problems of productions radars to detect UAV in Ukraine and the prospects for their development in the near future are consider.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR RECOGNISING AIR OBJECTS IN DECISION SUPPORT SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

*I. Rafalskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Kononova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the war caused by the attack of the russian federation on Ukraine shows that the armed forces of the russian federation massively use air attack weapons such as aircrafts Tu-160, Tu-95MS, Tu-22M, Su-34, Su-35, Su-57, cruise missiles X-55, X-555, X-101, X-22, Kalibr, ballistic missiles Iskander-M, Tochka-U and KN-23/24, guided aerial bombs, anti-radar missiles Kh-31P, Kh-58, aerial ballistic missiles Kh-47M to strike at important critical infrastructure, decision-making centres, weapons and ammunition storage sites and destroy weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine.

The results of the analysis of the actions of combat services in the course of radar reconnaissance by units of the radio engineering troops indicate the imperfection of procedures for recognising air objects. Automation systems (automation equipment) of the radio engineering units do not provide for automation of air object recognition processes. For solving the problem, it is proposed to use a decision support system.

In the process of using the support and decision-making system, the algorithms of an official actions are displayed in the form of a flowchart with a visual indication of current operations and their inherent messages: reports to senior officers and commands to subordinate combatants.

The implementation of the considered recognition algorithm in the decision support and decision-making system will increase the speed and reliability of air object recognition.

USE OF STM32 FAMILY MICROCONTROLLERS TO IMPLEMENTATION CLUTTER REJECTION ALGORITHMS INTO ANALOG PULSE SURVEILLANCE RADARS

*M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Sidorov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the russian-ukrainian war, the invaders are actively using air attack means at low altitudes. Detection of such targets at the maximum range is possible only if eject clutter system works effectively.

Analog pulse surveillance radars, that developed in the Soviet Union in the 60s and 70s years of the last centuries, used equipment based on tubes, transistors and first-generation microcircuits. This element base is already morally and physically outdated and does not meet modern requirements.

It is proposed to replace the outdated equipment of the moving-target indicator system with modern equipment based on the widespread STM32 family of microcontrollers.

It is calculated the required microcontroller performance and analyzed the architecture to ensure the real-time operation of the protection system. For example, microcontrollers of the STM32F2 family can be used for 5H84A and P-18 radars, but for P-37 radar, a series of microcontrollers not lower than STM32F4 is suitable. To provide additional protection functions, for example, interscan signal processing or to implement adaptive systems, it is necessary to use more powerful microcontrollers of the STM32F7 family.

It presents the developed algorithms for performing the main functions to ensure the operation of the radar protection system and examples of their software implementation in STM32 microcontrollers.

STEPS TO SYNCHRONIZE ADS-B RECEIVERS DURING THE USE OF MLAT TECHNOLOGY FOR RADAR AIRSPACE CONTROL

*A. Fedorov, Ph.D.; S. Siadrystyi; K. Klestov; N. Shkyria
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the factors that affects the accuracy of determining the coordinates of air objects (AO) is the precise time synchronization of the ADS-B receiver system that provides AO coordinates using MLAT technology.

Theoretically, it is possible to ensure the system's operation in absolute time, for example, by using GPS synchronization and obtaining accurate time.

Each message that is received is accompanied by a register value (signal reception time). This data is transmitted to the processing point. At the receiving points, ADS-B receivers are used as receivers, which are capable of receiving signals from software equipped with the appropriate ADS-B equipment at a frequency of 1090 MHz. Thus, it is possible to use them as reference.

It becomes possible to determine the reference difference in signal arrival time between individual reception points and the difference in quartz oscillators between the same reception points.

The correction value, which can be used to ensure time synchronization between the receivers of the system, is determined by subtracting the value of the reference difference in signal arrival time between individual receiving points and the difference in quartz oscillators between the same receiving points.

METHODS OF GENERATING BROADBAND PROBING SIGNALS FOR MULTI-ROLE RADARS

*M. Kandyrin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Dzhiora
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of the large-scale war against Ukraine, the occupation forces of the Russian Federation are widely using unmanned aerial vehicles of various types, cruise missiles, planning bombs, etc. The effectiveness of combating them depends, among other things, on the capabilities of radar equipment to detect, track and identify such targets.

The use of probing signals with complex frequency modulation laws in modern radars can largely meet the current requirements for the accuracy, volume, and reliability of radar information.

Direct digital synthesizers (DDSs) are widely used to generate such signals, providing a small frequency grid step, short tuning time, high accuracy and repeatability of the parameters of synthesized signals.

The disadvantage associated with the limited frequency range of the DDS is largely eliminated when using digital-analog methods of forming complex frequency-modulated (FM) signals.

The possibilities of forming FM signals by combined signal synthesizers, which is based on a single-ring phase-locked loop system with a digital signal synthesizer as a reference signal source.

It is shown that an effective method of transferring the DSS output signals to the L- and S-bands is the use of balanced quadrature modulators. This design of the MRR transmitters makes it possible to form a wide ensemble of highly stable simple and complex sounding signals with a low level of undesirable combination components, a quick transition from one type of signal to another and adaptive change of their time-frequency parameters in a complex air environment.

MODERNIZATION OF THE P-18 RADAR COHERENT PATH USING COTS TECHNOLOGIES

*M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In Ukraine, there are still many analog radars of the P-18 type in radar troops. The tube equipment is already morally and physically outdated, resulting in a deterioration of the station's technical parameters, including the characteristics of the receiving device. At the same time, the Russian aggressor's use of airborne attack weapons at low and extremely low altitudes requires efficient operation of the radar, especially its coherent path with the moving target indication system, which rejects clutter from the earth's surface.

To solve this problem, it is proposed to replace the outdated tube equipment of the radar coherent path with a modern digital system based on common SDR modules, for example, Pluto SDR, which is essentially the use of COTS technologies. The module is a software-controlled open-source radio device that contains a transceiver on an AD9361 chip and a signal processing device based on a Xilinx Artix-7 field-programmable gate array.

The algorithms of digital formation of the reference signal to ensure equivalent internal coherence of signals using the fast Fourier transform and spline approximation of the probing signal frequency are proposed.

A block diagram of the digital coherent path for the P-18 radar has been developed, which is implemented using the hardware and software of the Pluto SDR module. The device is connected to the output of the radar's high-frequency amplifier.

The results of the system simulation using recordings of real signals from the P-18 radar are presented.

**DEVELOPMENT OF FREQUENCY-MODULATED CONTINUOUS-WAVE
RADAR TO DETECT UAVS USING GNU RADIO
AND SDR TECHNOLOGIES**

*O. Dodukh, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
B. Lisohorskyi, Candidate of Technical Sciences; S. Melnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the russian-Ukrainian war shows the transition to the large-scale use of various classes of uncrewed aerial vehicles (UAVs) to perform combat missions for aerial reconnaissance, real-time combat control, defeat equipment and a workforce of the enemy. In such a situation, the main task of Radio engineering troops of Air Force of Ukraine is not to assume a decrease in the effectiveness of detecting UAVs data by radar radio engineering troops.

According to its tactical and technical characteristics, the existing fleet of radars is not intended, in full, to fulfill the tasks of detecting UAVs.

Thus, there is a discrepancy between the requirements for the effectiveness of the tasks assigned to radio engineering troops and the available tactical and technical characteristics of radars.

To solve this urgent scientific problem, it is proposed that radars with frequency-modulated continuous wave based on SDR technology and the GNU Radio Companion software environment be developed.

This approach makes it possible to implement radars that can effectively detect and classify targets by their characteristics and have several advantages over pulse radars:

- low cost of implementation;
- simple design;
- high accuracy of measurement of distance to targets;
- high resolution from range.

**DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE PROTECTION OF RADARS
FROM STRIKING UNMANNED AERIAL VEHICLES TAKING INTO
ACCOUNT THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR IN
ORDER TO INCREASE THEIR SURVIVABILITY**

*I. Trofymov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
I. Hurieiev; M. Pyvo
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to break through air defence system of Ukraine the armed forces of russian federation are constantly attacking the positions of the radio engineering units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine using a wide range of air attack weapons. Recently the enemy has increased the number of attacks on radars of radio engineering troops using strike drones. The enemy using of constant attacks on radars requires the commanders of units and subunits of the radio engineering troops to implement a set of measures to increase the survivability of forces and means of radio engineering units.

During the russian-Ukrainian war specialists of the radio engineering troops have repeatedly developed recommendations to increase the survivability of radars during combat missions. However, all of the recommendations are limited in nature as they were developed for a specific case. The enemy using of various types of

attack unmanned aerial vehicles and constant changes in their tactics leads to the development of general recommendations.

The recommendations should include algorithms for creating a "layered defence" of the radio engineering unit. The term "layered defence" should be understood as the use of a wide range of protective equipment, both active and passive. Using an integrated approach to selecting different types of protection increases the survivability of a radio engineering unit.

Taking into account the experience of the russian-Ukrainian war, the study developed recommendations for the protection of radars from attacking unmanned aerial vehicles in order to increase their survivability.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR CREATING A DETECTION ZONE OF A MULTI-POSITION SYSTEM OF FOUR P-18 TYPE RADARS

*V. Lishchenko, Ph.D.; O. Bezruchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of combat operations during the russian-Ukrainian war has demonstrated a significant increase in the requirements for radar systems due to the dynamic development of modern air attack means. Combat practice has confirmed the need to detect and track air targets of various types at the maximum achievable distances, which is of special importance in the case of massive air attacks using unmanned aerial vehicles (UAVs) and cruise missiles.

Developing a multi-position system based on radars available in radio-technical troops has significant potential to increase the range and accuracy of target detection, improving the quality of airspace monitoring and tracking. Integrating autonomous radars into a single system will provide more complete airspace coverage. The deployment of autonomous radars of the system in various locations at different angles to the target enables multi-angle surveillance of air objects. This approach guarantees the correct and uninterrupted operation of all radars, even if they operate within the same radio frequency spectrum.

Studies show that optimizing the spatial arrangement of radars increases the area of the detection zone and, as a result, provides more effective radar reconnaissance. The key factors in the effectiveness of this system are the optimization of spatial arrangement and time and frequency synchronization of joint work.

PROPOSALS FOR INCREASING THE RANGE OF TARGETS DETECTION THROUGH THE COMPLEXION OF RADAR INFORMATION FROM SPATIALLY DISTRIBUTED RADAR SYSTEMS

*V. Lishchenko, Ph.D.; D. Chuvashov; O. Chmykhalo
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern armed conflicts, such as the russian-Ukrainian war, prove that primary radar systems play a key role in detecting and tracking objects. Air superiority also plays a crucial role in ground operations, so it is important to develop air defense systems.

One of the directions for increasing the efficiency of radar reconnaissance is to increase the detection range of radar stations (RALS). Modern radars are the result

of intensive research and technological progress, so increasing the radiation power is not a relevant path. One of the main trends in this direction is the combination of information from spatially separated stations. This allows not only to increase the probability of detecting low-visibility targets, but also to increase their detection range. The creation of radar systems with a high degree of coherence requires high-precision synchronization and powerful computing capabilities. At the current stage of development of microelectronics and digital technologies, this is a completely achievable goal. In addition, compact, powerful and high-performance computers make it possible to create mobile and safe radar systems with the ability to quickly deploy and collapse, and to work at a safe distance from the antenna systems for the operator. Combining information from spatially separated radars allows you to significantly increase the range of target detection due to increased energy characteristics, as well as improve the accuracy of determining coordinates and expand the detection zone. For the effective implementation of such an approach, it is necessary to develop methods of synchronization and information processing that will ensure high-quality combining of signals from different radars. Combining radar information from spatially separated radars will improve the efficiency of radar detection.

OPTIMISATION OF THE DETECTION OF "KALIBR" CRUISE MISSILES BY RADAR OF RADIO ENGINEERING UNITS IN THE SOUTHERN DIRECTION

K. Zaderei; K. Tahyan;

H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

D. Zhuikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Since the beginning of the full-scale invasion, Russia has been systematically striking Ukraine with "Kalibr" sea-launched cruise missiles from the Black Sea.

The "Kalibr" missiles have different modifications: ship, submarine, and air-launched, and they use different tactical methods of combat employment.

The main threat from "Kalibr" missiles is their high speed. In addition, they are capable of flying at low altitudes and maneuvering in accordance with the terrain, which makes them difficult to detect. This reduces the effectiveness of not only domestic radars but also those of partner countries.

Given the specifics of their basing, such missiles are actively used in the southern direction. However, the effectiveness of their detection by the existing radars of the radio engineering troops does not fully meet the established indicators and criteria for the effectiveness of radar reconnaissance.

For further evaluation, the airborne conductivity coefficient was selected, and the maximum airborne conductivity coefficient was chosen as the performance criterion. The flight of the "Kalibr" missile system in the southern part of Ukraine was modeled, taking into account the experience of the Russian-Ukrainian war. The radar detection zones were calculated when the location of the radar was chosen taking into account the method of predicting the flight of the "Kalibr" spacecraft. The paper formulates recommendations for detecting cruise missiles and optimizes the construction of a radar reconnaissance system in the example of the southern direction.

OPTIMIZATION OF RADAR SIGNAL PARAMETERS FOR DETECTING LOW-CONTRAST TARGETS

*V. Lishchenko, Ph.D.; N. Kryvonosiuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of combat operations in the Russian-Ukrainian war showed the importance of effective detection of small-sized aerial objects. Given the challenges of today, modern radar systems require improvements in the detection efficiency of low-observable targets with small radar cross-sections. A key factor influencing their detection is the optimization of radar probing signal parameters.

Signal spectrum optimization can be achieved by applying wideband signals, such as Linear Frequency Modulation signals, which increase resolution, reduce the impact of radio-electronic interference, and enhance the signal-to-noise ratio. To improve signal energy, it is advisable to use special codes (Barker, Gold), which also help increase the signal-to-noise ratio for detecting weak signals. Adaptive pulse duration control, depending on the target range, allows improving radar resolution. The using of different polarizations enhances the effectiveness of signal reflection from low-contrast objects. The selection of an optimal combination of transmitting and receiving polarizations is crucial for improving the overall system efficiency.

The use of multi-frequency signals significantly increases the likelihood of detecting low-contrast objects, particularly through the combination of low and high-frequency signals. This helps reduce the impact of stealth technologies and improves effectiveness in complex conditions.

Optimization of radar probing signal parameters is a critical element for enhancing the performance of modern radar systems, especially when detecting low-contrast objects.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR LOW-CONTRAST TARGETS DETECTION BY AIRSPACE MONITORING METHOD USING SOFTWARE-DEFINED RADIO TECHNOLOGY

*K. Shyshyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of war with the Russian Federation, the primary concern is to detect and counter an enemy's stealth air attack. Early warning is crucial for effective defense, but the dynamic evolution of the enemy, including new forms and methods of air attack, is constantly complicating this task. This necessitates the development of adaptive countermeasures.

Traditional analog radio receivers, which preceded software-defined radio (SDR) technology, rely on analog components for signal processing. SDR technology offers a significant advantage in airspace monitoring systems, especially for radar units operating in difficult conditions characterized by low radar visibility of attack aircraft and their diversity. The software processing of the SDR signal provides much more effective target detection compared to analog systems. SDR and analog receivers represent fundamentally different approaches. Their internal structures and operating principles differ hard.

SDR uses digital software for basic signal processing, which allows you to dynamically program key receiver settings such as frequency, bandwidth, and modulation. This inherent flexibility is a major advantage. SDR receivers can be

quite efficient in very small sizes, and most importantly, they are relatively cheap. This allows them to be used to detect UAVs using telemetry signals, and integrating them into a system will allow you to not only signal their approach, but also determine their coordinates and even track them.

PROPOSALS FOR THE CONSTRUCTION OF A RANGE METER FOR L-BAND SURVEILLANCE RADAR

*O. Vysotskyi; Y. Bazhanov; O. Liublik; M. Pirozhenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, in the context of defense against Russia's armed aggression, the growing number of unmanned aerial vehicle (UAV) flights, the rapid development of their functionality, the deep integration of drones with army units' firepower, and the uncontrolled use of UAVs pose a threat to Ukraine's security sector. At present, there is a need for high-quality detection of various UAVs and their guaranteed tracking in the airspace of Ukraine at extremely low and low altitudes.

To improve the quality of detection and tracking of low-altitude targets, it is advisable to develop a promising wave radar with high range resolution, in which measures will be taken to reduce the intensity of the signal reflected from the underlying surface.

The use of L-band radar sensor signals has a number of advantages in the detection of small airborne objects, of which tactical UAVs are one. This is due to the fact that these objects have structural elements that correspond to the L-band sensing wavelength.

Modern methods of measuring the range (lag time) of air targets are analyzed. The parameters of a broadband multi-frequency sensor signal are selected.

A structural diagram and algorithm for the operation of the digital range measurement channel of the advanced L-band surveillance radar are proposed.

ANALYSIS OF THE COMBAT USE OF MOBILE FIRE GROUPS

*K. Zhelnovach; O. Vysotskyi; V. Chernenko; K. Zmozhenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the nearly three years of full-scale warfare, Ukraine's air defense forces have had to learn things that no one else in the world has done before. Constant launches of ballistic missiles, cruise missiles, barrage munitions, and air target simulators are depleting the resources of Ukrainian air defense. Russian targets are always changing. Attack after attack differs in that sometimes it is directed as a terrorist attack to hit civilian targets, and some attacks are aimed at critical infrastructure. Mobile fire teams are actively working in Ukraine to strengthen protection against enemy weapons.

Mobile fire groups are an integral part of the air defense system, especially in modern hybrid warfare. They are fast and maneuverable, able to move quickly to the area where the threat is greatest at the moment. This allows them to effectively counter various types of air targets, from unmanned aerial vehicles to cruise missiles.

Mobile fire teams are equipped with a variety of weapons, allowing them to adapt to different tasks. They use both anti-aircraft guns and small arms, making them versatile means of engaging air targets.

The groups are equipped with thermal imaging sights, target detection and laser targeting devices. If an enemy target is detected, one group disseminates the information to all units until someone has the opportunity to destroy it.

Acoustic sensors also help to detect drones. For this purpose, a unified network of acoustic control points is installed with data transfer to a single database.

At night, mobile air defense groups are actively using special searchlights.

**ANALYSIS OF PROBLEMATIC ISSUES ON DETECTION,
RECOGNITION AND SUPPORT OF SMALL, LOW-SPEED
AERIAL OBJECTS BY RADAR COMBAT SERVICES
AGAINST THE BACKGROUND OF REFLECTIONS
FROM WEATHER FORMATIONS**

*I. Romanenko; V. Nozhenko; M. Imennynyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of detecting unmanned aerial vehicles during the Russian-Ukrainian war indicates a sufficient large number of cases when detection and tracking of unmanned aerial vehicles was carried out against the background of integer marks (false targets): from weather formations of the "angel-echo" type – areas of abnormal propagation of electromagnetic vibrations, in which intense reflections occur at the boundary of media with different refractive index, including those caused by atmospheric turbulence, they are especially dangerous when they look like false marks of one target. This type of weather formation is recorded above the sea surface and in those places where local heat emitters are present or may occur under certain weather conditions (thermal power plants, warm streams, local surfaces unevenly warmed by the underlying surface, etc.); from flights flocks of birds, usually found at the same time of day (morning and evening) and at a certain time of year.

The corresponding radar echo signals have characteristics resembling signals from a small, low-speed target: the flight altitude can reach 2 km, the speed is up to 150 km/h, the effective scattering area within the pulse volume of the radar is from 0.001 to 0.1 m², and in some cases up to 1 m². It is important to note that signals from the "angel-echo" and flocks of birds spread in the direction of the wind.

The characteristics of these aerial objects coincide with the characteristics of aerial targets of the "Shahed" unmanned aerial vehicles type. During massive air strikes with the help of strike unmanned aerial vehicles of the "Shahed" type, it is possible to detect and accompany false targets of the "angel-echo" type and flocks of birds.

**IMPROVING THE PROCEDURE FOR RECONNAISSANCE
OF THE POSITIONS OF THE RADIO ENGINEERING UNIT,
TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE
OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*O. Serdyuk; Y. Kuibida
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, in order to ensure the deployment of radio engineering units in designated areas (positions), reconnaissance of the units' positions, their security, defense and engineering equipment remain particularly important.

The analysis of air strikes by the Russian Federation on the positions of radio technical units of the radio technical troops of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine, in particular, shows that the reconnaissance of the positions of the units, their protection, defense and engineering equipment needs to be improved.

The existing procedure and peculiarities of reconnaissance of positions of units of groups, units, subunits of radio technical troops of the Air Force of Ukraine in the conditions of intensive combat operations in repulsing the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine are considered.

The author proposes a number of organizational and technical measures to increase the survivability of the radio engineering unit by improving the algorithm for reconnaissance of the positions of the units and the use of unmanned aerial vehicles of the copter type during reconnaissance of routes of deployment to the deployment areas, selection of deployment sites, as well as during preliminary reconnaissance of the deployment areas for mines, landmines, radioactive, chemical and biological (bacteriological) contamination.

PROPOSALS FOR ENHANCING THE SURVIVABILITY OF RADIO ENGINEERING UNITS THROUGH IMPROVED COUNTERMEASURES AGAINST UNMANNED AERIAL VEHICLES BASED ON THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

O. Serdyuk; K. Yevstafieva

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The analysis of the employment of aerial attack systems by the Russian Federation against Ukraine demonstrates the extensive use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for reconnaissance, electronic warfare, precision airstrikes, target designation for high-precision weapon systems, and communication relay operations.

The study identifies key trends in the operational deployment of UAVs during the large-scale invasion of Ukraine by the Russian armed forces. It examines the capabilities of groups, units, and subunits within the Radio Engineering Troops of the Ukrainian Air Force to counter unmanned aerial systems, particularly strike UAVs, through firepower engagement and physical interception. Proposals aimed at enhancing the efficiency of air defense systems in combating UAVs have been summarized.

A set of organizational and technical measures is proposed to increase the survivability of radio engineering units by improving countermeasures against UAVs. The proposals include the adoption of modern, advanced, and next-generation weaponry and military technologies designed to counter unmanned aerial systems within the framework of the Radio Engineering Troops.

USING MEDIAN FILTERING TO REDUCE THE IMPACT OF IMPULSE NOISE IN DIGITAL DATA STREAMS

N. Zahorodnia; A. Kozhushko;

S. Yarovy, Candidate of Technical Sciences

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Median filtering is quite often used as a preprocessing tool for digital data to eliminate outliers in data arrays, reduce noise, and suppress impulse disturbances. These digital filters have an advantage in efficiency compared to linear filters due to

the non-uniform or non-Gaussian distribution of noise, which is typical for real signals. Moreover, the amplitude of the noise does not affect the filtering result.

This study examines the application of a median filter for suppressing impulse noise in the data transmission channel of digital sensors (encoders). Such noise is caused by radar operation, impulse electromagnetic interference, failures, and induced disturbances in the transmission channel, which are characterized by significant amplitude ($h > 3\sigma$). A key feature of such sensors is the absence of error-resistant coding.

To clean the signal in such data transmission lines, a two-stage signal processing algorithm is considered. In the first stage, impulse noise is removed from the digital data stream using median filtering. In the second stage, linear frequency filters are used to eliminate statistical noise.

The study investigates the effect of the median filter window width on the probability of impulse noise suppression. Increasing the filter aperture improves impulse noise filtering efficiency but leads to some distortion of the useful signal. It has been shown that for encoder data filtering using the chosen algorithm, a minimal filter window width is sufficient to maintain signal accuracy. Additionally, it is demonstrated that when impulse noise density is high, the effectiveness of median filtering significantly decreases.

The technical implementation of the proposed algorithm is not complex and can be realized both in hardware and software.

IMPROVING THE QUALITY OF DETECTION AND TRACKING BY RADAR OPERATORS OF STRIKE UNMANNED AERIAL VEHICLES OF THE "SHAHED" TYPE AND ITS ANALOGUES BASED ON THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS

*I. Romanenko; V. Nozhenko; M. Imennyyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of statistical data showed that starting from August 2024, the enemy began the massive use of strike unmanned aerial vehicles of the "Shahed" type and its simplified and cheaper version – unmanned aerial vehicle "Gerbera" for strikes on the territory of our state.

The tactics of using these weapons are diverse, but it is limited by their tactical and technical characteristics.

The average speed of drones observed during their combat use is 160-190 km/h, and the flight altitude is from 200 to 2000 m, but more often it is used at extremely small and low flight altitudes. A relatively small effective scattering area, which has an average value according to calculations – 0.9-1.6 m², refers this aircraft to small-sized air objects.

Drones of this type are made from getinax – this is a paper-based composite, a screw that pushes the engine, wooden. Such materials make detecting a drone using radar a difficult task.

Analysis of the experience of conducting radar reconnaissance by units of radio engineering troops showed that the existing radar field allows detecting strike unmanned aerial vehicles from a distance of more than 50 km.

The development of an algorithm for operator actions to detect strike unmanned aerial vehicles of the Shahed type and its analogues will provide an opportunity to

perfectly understand the physical content of operations and the procedure for searching, detecting, determining coordinates and tracking air targets of the Shahed type, which will ensure the effective performance of a combat mission by radar operators.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE MODERNISATION OF THE ANTENNA-FEEDER SYSTEM OF THE 19G6 (35D6M) RADAR STATION

*O. Pylypovych; V. Chepurnyi; N. Belik
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The most widespread radar station used in separate radar platoons is the 19G6 radar. One of the most important components of the radar is the antenna-feeder system, which is made using rigid waveguides and coaxial cables. The peculiarity of the antenna-feeder system design is the need to ensure rapid folding during preparation for a march or rapid deployment when taking up a position. From the point of view of radar survivability, these operations must be performed quickly and efficiently. This requirement and the tension of the situation leads to personnel errors when performing operations to deploy the 19G6 radar. A typical mistake is to miss the operation of disconnecting the flexible waveguide of the antenna-feeder system, which leads to its mechanical damage and makes it impossible to use the radar for its intended purpose. It is not possible to repair the damage by the maintenance staff and repair teams in the field.

The paper presents proposals for the implementation of flexible waveguide protection devices that prevent its damage when the antenna-feeder system is folded.

The paper proposes to additionally equip the junctions between the flexible waveguide and the antenna-feeder path with safety limit switches, which, when the path is not disconnected, prevent the passage of the command to turn on the electric motor and send an alarm signal to the control, protection and monitoring system.

It is expected that the implementation of the proposed solutions will increase the technical readiness of the radar and can be used to upgrade the antenna-feeder path of existing radars of the 19G6 and 35D6M types.

DEVELOPING VISUAL-SIMULATION MODELS OF ALGORITHMS FOR SELECTION OF MOVING TARGETS OF RADAR STATIONS TO FIND WAYS TO IMPROVE THE DETECTION OF LOW-ALTITUDE AIR OBJECTS

*S. Denysenko; K. Garmash; M. Bublyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of massive use by the enemy of unmanned aerial vehicles operating mainly at low altitudes, the research and improvement of MTI (moving target indication) is particularly important. The effectiveness of these systems directly affects the timely detection of air targets against the clutters.

To study methods for improving the protection of radar stations from clutters, using the Simulink software in the MATLAB environment is recommended. It is a powerful interactive tool for modeling, simulating, and analysing dynamic systems that supports discrete, continuous, hybrid, nonlinear, and discontinuous models.

Using the Simulink software, we developed the algorithms for the functioning of MTI systems for different types of radars the radio engineering troops of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine are equipped with. We carry out a comparative analysis of their operation, which allowed us to evaluate the effectiveness of the algorithms in different air conditions and specify ways for their further improvement.

MEASURES TO INCREASE THE SURVIVABILITY OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT UNDER COMBAT CONDITIONS

*R. Raikov; T. Prudenko; I. Kolodka
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of repelling armed aggression shows that the main method Russian armed formations use to combat the radar systems of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is conducting optical reconnaissance using various classes of unmanned aerial vehicles, followed by fire engagement with artillery and rocket-artillery means and strike UAVs (including "kamikaze drones").

One of the ways to increase radar station survivability under combat conditions is reducing or distorting information about target objects that is received and processed by enemy reconnaissance systems. For this purpose, methods and means of electronic warfare, aerosol countermeasures, and engineering position equipment are mainly used. For practical implementation of other methods in this direction, various means of camouflage and imitation of weapons and military equipment (WME) can currently be used (camouflage covers, WME mock-ups, radar corner reflectors, thermal simulators, radar simulators of moving equipment, etc.), deforming painting, standard camouflage means, and improvised means.

Furthermore, an important measure for increasing radar systems' survivability is the installation of protection against fire damage (equipment of recessed shelters for equipment trailers and embankment of antenna trailers). Units that applied a comprehensive approach to improving survivability in their tactics were significantly less subjected to direct impact from enemy weapons.

USE OF INTERACTIVE TECHNOLOGIES FOR TRAINING RADIO ENGINEERING TROOPS SPECIALISTS

*R. Raikov; B. Stepchenko; A. Tkalych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern methods of training radio engineering troops specialists, both officers and non-commissioned officers and enlisted personnel, involve extensive use of IT technologies, creation of various interactive applications and reference materials. The constant updating of weaponry nomenclature used in combat operations, including both enemy air attack means and radar systems, anti-aircraft missile weapons, electronic warfare equipment, and consequently, the need to know their tactical and technical characteristics, requires personnel to continuously update their knowledge. Additionally, military educational institutions' teachers and training centers' instructors are required to convey to trainees the purpose, tactical and technical characteristics, and tactics of using new types of weapons. Therefore, creating an electronic database of weapons used by both the Armed Forces of

Ukraine, including those received from partner countries, and enemy weapons is relevant.

The use of electronic interactive reference guides for various weapons, their classification by types, as well as the main governing documents regulating the daily and combat activities of the Armed Forces of Ukraine, will significantly simplify and accelerate personnel training (including those called up for mobilization), reduce the time for processing radio engineering units' documents by eliminating the need to search for necessary data in a large number of paper governing documents.

SIGNAL SYNCHRONIZATION AND STRUCTURAL OPTIMIZATION IN ACOUSTO-OPTICAL LOCATORS FOR ATMOSPHERIC DIAGNOSTICS

*R. Guliev; A. Huseynov, Ph.D., prof.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This article presents a comprehensive methodology for the development of an atmospheric acousto-optical locator equipped with an electronic scanner, designed for the high-precision detection of acoustic and optical signal sources under variable atmospheric conditions. The study focuses on the synchronization between the acoustic transducer and electronic scanner, a critical factor for enhancing system resolution and resilience against external interference. The principles of signal formation, propagation, and processing are analyzed through modern numerical algorithms and physical modeling of acoustic wave dynamics in complex environments.

Experimental validation confirms the practical applicability of the proposed system for remote atmospheric sensing, with potential use in environmental monitoring, meteorological diagnostics, and security applications. The integration of acousto-optical techniques with high-speed electronic scanning significantly improves the accuracy, speed, and adaptability of detection under turbulent conditions.

Optimization of the locator's structural elements ensures stable performance in the presence of atmospheric turbulence and electromagnetic noise. Furthermore, the article outlines prospects for future technological development, including the incorporation of artificial intelligence for automated signal analysis and adaptive control of operational modes. This interdisciplinary approach opens new opportunities for creating advanced systems for real-time environmental monitoring and atmospheric diagnostics.

References

1. Smith, J. "Acoustic and Optical Signal Processing in Remote Sensing." IEEE Press, 2018.
2. Ibrahimov B.G. et al. Research throughput multiservice telecommunication networks // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали 10 міжнародної науково-технічної конференції, 09-10 квітня 2020. Том 1. с. 30.
3. Brown, A. "Modern Electronic Scanning Systems". Springer, 2020.
4. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B.G. Ibrahimov, E.G. Hashimov // Проблеми інформатизації : тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р., [у 3 т.]. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.

INTELLIGENT HYBRID ACOUSTIC-OPTICAL SYSTEMS FOR ADAPTIVE ENVIRONMENTAL MONITORING

*R. Guliev, A. Huseynov, Ph.D., prof.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This study presents an innovative integration strategy for the development of hybrid acoustic-optical systems aimed at enhancing atmospheric monitoring capabilities. By combining acoustic and optical sensing modalities, the proposed system achieves high-resolution, rapid-response detection of environmental disturbances. The research focuses on optimizing system architecture through advanced synchronization techniques between acoustic transducers and optical scanners, significantly improving both resolution and noise immunity.

The system employs advanced signal processing algorithms to address the complexities of acoustic wave propagation in dynamic atmospheric conditions. These techniques enhance data quality and system efficiency and ensure stable operation under fluctuating environmental and electromagnetic interference. Experimental validation confirms the system's practical effectiveness in various real-world scenarios, including environmental surveillance, meteorological monitoring, and security applications.

The findings underscore the effectiveness of hybrid acoustic-optical integration in increasing detection accuracy and operational robustness. Additionally, the study outlines future development pathways, particularly incorporating adaptive control mechanisms and machine learning algorithms for real-time analysis and decision-making. These advancements are expected to expand the scope and functionality of atmospheric sensing systems, positioning hybrid acoustic-optical technology as a powerful tool for next-generation environmental monitoring and intelligent situational awareness.

References

1. Andrews L.C., Phillips R.L. *Laser Beam Propagation through Random Media* (2nd ed.). – Bellingham: SPIE Press, 2005. – 456 c.
2. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // *Проблеми інформатизації: тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р., [у 3 т.]. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.*
3. Ibrahimov B.G. et al. Research throughput multiservice telecommunication networks // *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали 10 міжнародної науково-технічної конференції, 09-10 квітня, 2020. Том 1. с. 30.*
4. Brown, A. "Innovations in Acousto-Optical Integration". Springer, 2021.
5. Doe, R. "Advances in Atmospheric Sensing Technologies". Wiley, 2020.

ADAPTIVE ACOUSTO-OPTICAL DETECTION UNDER ATMOSPHERIC INTERFERENCE

*A. Hasanov, Ph.D., prof.; A. Huseynov, Ph.D., prof.; E. Nasirov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This article presents a comprehensive physico-technical analysis of an atmospheric acousto-optical locator equipped with an electronic scanner, aimed at enhancing the efficiency and accuracy of remote object detection in complex

atmospheric environments. The study is grounded in theoretical modeling of acousto-optical interactions within nonlinear optical media, focusing on how acoustic waves modulate laser radiation for adaptive scanning and image correction under turbulent and meteorologically unstable conditions.

Key physical parameters such as the spectral properties of acousto-optical transformation, phase shifts, and amplitude modulation are examined to assess system performance. The integration of an electronic scanner enables high-speed and precise image acquisition, supported by computational simulations and experimental validation using advanced digital signal processing techniques.

The research highlights significant improvements in spatial resolution and dynamic detection range through the combined use of acousto-optical conversion and electronic beam steering. Mathematical models and algorithms developed in this study effectively mitigate atmospheric interference, ensuring signal stability and measurement accuracy. Experimental results confirm that the system can reliably isolate useful signals from background noise, which is essential for applications in environmental monitoring, remote sensing, and military surveillance. The proposed approach demonstrates high potential for implementation in next-generation adaptive optical systems operating in real-time.

References

1. Zhang, Y., & Chen, L. (2010). Acousto-optic modulators for atmospheric sensing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(3), 1087-1096.
2. Miller, R., & Smith, T. (2013). Electronic scanning technologies in remote sensing. *Journal of Applied Optics*, 52(4), 567-575.
3. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // *Проблеми інформатизації : тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф.*, 16-17 листопада 2023 р. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
4. Johnson, R. (2012). Advances in acousto-optical sensing systems. *Journal of Optical Engineering*, 51(12), 125-135.
5. Hashimov E.G., Bayramov A.A., Sabziev E.N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // *2017 International Conference on Military Technologies (ICMT)*. – IEEE, 2017. – С. 185-188.
6. Hashimov E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // *Проблеми інформатизації. Тези доповідей*. – С. 18-19.
7. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // *National Security and Military Sciences*. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.

SEISMOACOUSTIC DETECTION OF GROUND TARGETS: A TRIANGULAR SENSOR-BASED APPROACH FOR ENHANCED PRECISION IN MODERN WARFARE

*A. Hazarkhanov, ScD, prof.; S. Babayev, Ph.D.; S. Umudov
H. Aliyev Military Institute (Baku, Azerbaijan)*

In modern warfare, the timely detection of invisible ground targets is crucial for optimizing military strategies [1-2]. The proposed seismoacoustic detection method is characterized by an innovative computational algorithm based on three-dimensional coordinates and seismic positioning principles [3-4]. This approach enables the high-precision determination of a target's distance, direction, and other critical parameters.

The study demonstrates that triangular sensor placement significantly enhances the accuracy of signal direction estimation and computational reliability. By applying spectral-time analysis, seismic-polarization processing, and bearing determination techniques, the target's coordinates were identified with high precision. Experimental results indicate that this method achieves 85-95% detection accuracy, even in complex terrain conditions [5-6].

The findings open new perspectives for the broader application of seismoacoustic technologies in military and security fields. Key advantages such as passive monitoring, low energy consumption, and reliable detection across diverse terrain conditions make this method a promising solution for modern defense systems. Future research could focus on advancing sensor technologies and optimizing data processing algorithms to further improve detection capabilities.

References

1. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // *Сучасні інформаційні системи*. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.
2. Piriyeв H.K. Modelling of the battle operations. Monograph // H.K. Piriyeв, E.G. Hashimov, A.A. Bayramov / – Baku: Herbi Nashriat. – 2017. – 256 p.
3. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // *Journal of Management and Information Science*, 2016, Vol. 4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisc.8236513-cw>.
4. Bayramov A.A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // *Geography and nature sources*. – 2016. – p. 124-126.
5. Hashimov E.G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G. Hashimov, A.A. Bayramov / – Baku : National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.
6. Hashimov E.G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

ADVANCED ACOUSTO-OPTICAL SENSING IN TURBULENT ENVIRONMENTS

*A. Huseynov, Ph.D., prof.; E. Nasirov, Ph.D.; I. Suleymanov
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This paper presents a comprehensive study on the development and optimization of an atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner, designed for military applications. The research combines mathematical modeling, physical-technical analysis, and numerical simulation to evaluate system performance under variable atmospheric conditions and electromagnetic interference. Utilizing methods such as the finite difference approach, Fourier decomposition, and variational calculus, analytical models are constructed to describe the dynamics of acousto-optical interactions and beam-scanning mechanisms.

The study begins by analyzing the physical principles of acousto-optical effects, particularly the diffraction of light waves by acoustic gratings, governed by Bragg's law. Detailed mathematical expressions describe first-order diffraction efficiency and its dependence on material parameters, acoustic wave properties, and ultrasonic power. The propagation of acoustic and optical waves in the atmosphere is also modeled, accounting for variables such as temperature-dependent sound speed and turbulence-induced refractive index fluctuations based on the Kolmogorov model.

Furthermore, the paper explores electronic scanning via phased antenna arrays, allowing for dynamic, non-mechanical beam steering through phase control. The integration of these principles enables the design of a responsive and robust acousto-optical locator, capable of real-time target tracking and high-resolution detection in challenging operational environments. The findings offer a foundation for further development of adaptive and intelligent optical sensing systems for defense and security purposes.

References

1. Yariv A., Yeh P. *Photonics: Optical electronics in modern communications*. – New York: Oxford University Press, 2007. – p. 720.
2. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // *Проблеми інформатизації : тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф., Т.1 – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.*
3. Ibrahimov B.G., Hashimov E.G. The investigation of efficiency and noise immunity transport fiber-optic lines // *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей 12 міжн. наук.-техн. конф. Том 1. Баку-Харків-Жиліна, 2022, с. 35-36.*
4. Ishimaru A. *Electromagnetic Wave Propagation, Radiation, and Scattering* (2nd ed.). – New York : Wiley-IEEE Press, 2017. – 680 с.
5. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // *Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – № 4. – С. 20-25.*
6. Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // *National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 128-132.*
7. Hashimov E.G. About one method of navigation task solution // *AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – № 20. – С. 45-49.*

ADAPTIVE APPROXIMATION TECHNIQUES FOR REMOTE SENSING WITH ATMOSPHERIC ACOUSTO-OPTICAL SYSTEMS

*A. Huseynov, Ph.D., prof.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This article presents the validation of mathematical approximations developed for modeling the operation of an atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner. The study focuses on nonlinear interactions between acoustic waves and laser radiation in turbulent atmospheric environments. A series of theoretical models and algorithms were constructed to predict the system's dynamic behavior and evaluate the impact of meteorological factors on signal quality and detection accuracy.

The research applies iterative numerical methods, adaptive approximation techniques, and error minimization algorithms to optimize the models. A set of test scenarios was implemented to assess the models' sensitivity and stability under varying operational conditions. The results demonstrate strong consistency between theoretical predictions and experimental data, confirming the scientific soundness and practical applicability of the proposed models.

Special emphasis is placed on accounting for nonlinear optical effects, atmospheric interference, and the dynamic integration of electronic scanning technologies. The optimized algorithms significantly improve system resolution and signal-to-noise ratio. Furthermore, the study outlines limitations of the current

models and proposes directions for future enhancement, including the use of machine learning for adaptive modeling. The validated approximations provide a foundation for the development of next-generation remote sensing systems, supporting critical applications in defense, environmental monitoring, and meteorology.

References

1. Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., & Flannery, B.P. (2007). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing* (3rd ed.). Cambridge University Press.
2. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B.G. Ibrahimov, E.G. Hashimov // *Проблеми інформатизації : тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р., [у 3 т.]. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.*
3. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition // *Proc. of Vth International Scientific Technical conference Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.*
4. Ibrahimov B. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system // – 2024. – Т. 18. – С. 19.
5. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // *Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – № 4. – С. 20-25.*
6. Hashimov E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // *Проблеми інформатизації. Тези доповідей. – С. 18-19.*
7. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // *National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.*
8. Hashimov E.G. About one method of navigation task solution // *AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – № 20. – С. 45-49.*

A WAY TO IMPROVE TACTICS RADIO ENGINEERING TROOPS

O. Oleksenko¹, Ph.D.; L. Poberezhnyi¹; N. Salna¹;

V. Kireyenko², Candidate of Military Sciences, Associate Professor

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Defence University of Ukraine

One of the aspects related to the improvement of the tactics of the radio engineering troops (RET), namely their radar field, can be considered to the program of implementing the use of radar stations (RS) on unmanned aerial platforms (UAP) or on balloons (airships).

Indicators for the characteristics of the quality of conducting radar reconnaissance can be such concepts as:

- range of detection at certain altitudes;
- quality tracking in the detection zones of RS;
- tactical and technical characteristics (TTC) of RS for use on UAP, balloons (airships);
- TTC of UAP, balloons (airships) for installation on them RS;
- reliability of RS on UAP, balloons (airships);
- survivability of RET units when using RS on UAP, balloons (airships);

– effectiveness of RS use on UAP, balloons (airships) in terms of inflicting damage to the enemy and protecting critical infrastructure.

A detailed consideration of these indicators, as well as the definition of criteria for them, will make it possible to understand the feasibility of conducting experiments on the introduction of the use of radar radars on unmanned aerial platforms (UAVs), aerostats (blimps).

In the course of military operations against the Russian Federation, the low capability of the State Defence Forces to detect low-altitude enemy targets that strike our troops near the contact line has become a feature. It is the use of RS on UAP, balloons (dirigibles) that will most likely improve the parameters of the radar field, which will increase the effectiveness of destroying enemy air assets.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE USE OF MICROSTRIP FILTERS IN CENTIMETER-RANGE RADAR STATIONS TO INCREASE PROTECTION AGAINST NON-SYNCHRONOUS ACTIVE INTERFERENCE

O. Gurin¹; Candidate of Technical Sciences; V. Litvyniuk²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A4606

Analysis of the enemy's actions during the full-scale Russian aggression against Ukraine showed that its primary task is to suppress air defense forces through the massive use of various jammers. The complex of measures related to the "literal" frequency separation and the possibility of its change during operation does not allow the full use of targeted jammers. Therefore, the use of blocking jammers is more likely. Practical experience has shown that the enemy in certain areas can create a spectral density of interference of such power that it is capable of completely localizing the operation of radars created more than five years ago. Therefore, this report provides proposals for the use of microstrip filters in radar stations of the centimeter wave range to increase protection against non-synchronous active jammers. It is proposed to place these filters in the input device, as a redundant load.

Also, during the report, practical recommendations will be considered for embedding the developed filter into the radio receiving device of the centimeter-range radar using the example of the P-37 radar. This replacement, according to calculations, gives the following advantages in increased sensitivity by 2...6 dB, and in some cases by 20 dB and more.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF UPGRADING 2D RADARS TO THE LEVEL OF MULTI-BAND 3D RADARS

G. Kamal'tynov¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

V. Klimchenko¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

O. Kolesnik¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

O. Bielavin², Candidate of Technical Sciences

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine

Modern technologies of digital antenna arrays open up new possibilities for combining antennas of different frequency bands in one design solution. It made possible to upgrade 2D radars of very high frequency (VHF) band to the level of

multi-band 3D surveillance radars. The modernization of existing VHF band radars to the level of multi-band 3D radars can be carried out by implementation an altimetric channel.

The modernization can be carried out by implementing the following design solutions:

design of the radar consisting of two spaced antennas with their own rotary devices;

use of combined antennas on a single rotary device.

For radar, which have two spaced antennas with rotary devices, there are no restrictions on the choice of the waveband for the altimetric channel, but the development of separate rotary devices, additional transport (trailer or separate car chassis) and an additional primary power supply is required. This reduces mobility and significantly increases development costs.

The use of combined antennas on one rotary device imposes certain restrictions on the size of the antenna system of the altimetric channel and excludes the use of L- and S-wave bands for the development of the altimetric channel. The C- and X-band antenna array can be used as an antenna.

ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ УСУНЕННЯ ФАКТОРУ “СЛІПОТИ” ТАНКІВ НА ПОЛІ БОЮ

М.О. Зінченко; В.Г. Сайко; В.О. Комаров

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

З самого початку бойового застосування танків їх головним недоліком був обмежений огляд екіпажом зовнішнього середовища. Проблему “сліпоті” танка конструктори бойових машин намагалися вирішити у різний спосіб – від оглядових люків, обладнані бронекришками, та візирних щілин, до приладів спостереження.

У сьогоднішній час на перший план виходять перспективні системи автоматичного розпізнавання цілей, які за закладеними в пам’ять комп’ютера зразками теплових зображень у різних проекціях людей, пускових установок ПТУР, артилерійських гармат, бронемашин, БМП та танків, застосовуючи метод прискореного сканування, згідно з яким можна буде виявляти та супроводжувати небезпечні цілі, візуалізуючи їх на дисплеях екіпажу для ухвалення рішення на їх знищення без участі людини. Але, не зважаючи на всі переваги вищезазначених вище пристроїв та систем, що дозволяють більш ефективно спостерігати за полем бою і виявляти цілі, в них є величезний мінус – вони малоефективні в умовах, коли середовище, що оточує танк, перевищує за азимутом його висоту – висоту розташування від поверхні землі пристроїв спостереження, що розміщені на башті танка.

Як вихід з цього положення пропонується оснастити танк зовнішнім пристроєм спостереження – БпЛА, який можна буде піднімати на висоту до 100 метрів і здійснювати огляд місцевості перед танком за азимутом на відстані від 1000 метрів і більше. Зазначене відеообладнання пропонується розмістити на БпЛА мультикоптерного типу, а безпосередньо БпЛА розмістити на силовій площадці, що буде закріплена (як варіант конструктивного виконання) на задній частині башти танка.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВИПРОБУВАНЬ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ РАДІОЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ

*О.В. Філіппенков, д.філос.; А.В. Власов, к.т.н., ст.д.;
Ю.В. Слободенюк; В.В. Хома*

*Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Проведений аналіз сучасних випробувальних полігонів та їх окремих ділянок (випробувальних майданчиків), які призначені для проведення випробувань високотехнологічного озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) в умовах радіоелектронної протидії (далі – РЕБ), вказує на доцільність формування та обґрунтування взаємозалежних вимог до інфраструктури випробувальних полігонів, технічних можливостей випробувального та вимірювального обладнання, стандартів з безпеки, а також потребує інтеграції з науково-дослідними (випробувальними) установами та організаціями. Дотримання цих вимог визначає ефективність та всебічність досліджень під час проведення випробувань новітнього високотехнологічного ОВТ.

В доповіді подано результати досліджень та практичні рекомендації щодо формування мінімального необхідного обсягу оцінок та перевірок, визначення переліку спеціальних завдань ділянки полігонних випробувань для проведення експериментальних (досліджень) випробувань зразків ОВТ, вимог до окремих випробувальних майданчиків (ділянок) та їх складових елементів, обґрунтування вимог до технічних засобів та інтегрованих систем обробки даних для підвищення ефективності експериментів, точності вимірювання основних показників при застосуванні ОВТ в умовах протидії засобів РЕБ та підвищення безпеки випробувань.

ДЖАМІНГ МЕТОДИ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕННЯ НАВІГАЦІЇ БПЛА І-КЛАСУ

*Ю.В. Слободенюк; В.В. Хома; Т.А. Співак; В.Л. Кравченко
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Джамінг як спосіб створення перешкод. Джамінг – це технологія, що використовується для створення перешкод у радіозв'язку, яка має на меті завадити нормальному функціонуванню систем управління БПЛА. Основна мета джамінгу полягає в тому, щоб порушити або зовсім заблокувати передачу сигналів, що надходять від наземних станцій або супутників. Це може призвести до втрати контролю над безпілотником або його помилкового позиціонування. Джамінг може бути застосований в різних діапазонах частот, залежно від специфіки сигналу, який потрібно перекрити.

Види джамінгу: широкосмуговий та вузькосмуговий.

Широкосмуговий джамінг передбачає одночасне створення перешкод на великому діапазоні частот. Він є ефективним для блокування сигналів, які

можуть змінюватися в частоті або використовувати різні протоколи зв'язку. Ширококутний джамінг застосовується для перекриття кількох каналів зв'язку одночасно.

Вузькосмуговий джамінг. На відміну від ширококутового, цей метод націлений на конкретний частотний діапазон. Вузькосмуговий джамінг менш енергетично витратний і може бути більш цілеспрямованим, проте його ефективність обмежена лише однією частотою.

Джамінг залишається одним із найбільш поширених методів, проте його ефективність знижується в умовах розвитку нових технологій, таких як антена з керуваною діаграмою спрямованості та інтегровані системи навігації. Для реалізації джамінгу важливо враховувати специфіку роботи цільових систем.

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НАЗЕМНИХ КОМПЛЕКСІВ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

А.В. Власов, к.т.н., ст.д.; В.М. Кібальник; В.І. Сапон; Ю.О. Пятова
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Україна на сьогодні є найбільш забрудненою вибухонебезпечними предметами країною в світі внаслідок агресії росії. Агресор щодня здійснює хаотичний агресивний обстріл країни, що включає в себе здебільшого об'єкти цивільної інфраструктури. За попередніми даними заміновано до 30% площі території країни, при цьому процес розмінування є нагальним і буде достатньо тривалим.

З цією метою в Україні використовуються сучасні роботизовані комплекси розмінування як виробників з інших країн, так і вітчизняного виробництва. Але їх використання не можливе без проведення відповідних функційних випробувань для підтвердження їх тактико-технічних характеристик й продуктивності. Для організації і проведення випробувань з практичною перевіркою характеристик необхідно врахувати безліч факторів: як зразок зарекомендував себе при використанні в інших країнах, чи є досвід використання в Україні, як здійснювати підготовку фахівців для роботи на зразку, які перевірки практично необхідно провести тощо.

В доповіді надаються результати досліджень щодо практичного використання основних наземних комплексів гуманітарного розмінування, узагальненні результати випробувань, з формуванням висновку, що найбільш ефективним, безпечним і найпоширенішим способом є спосіб з використанням багатоцільових роботизованих дистанційно керованих платформ (комплексів).

ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ СЛУЖБОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Д.А. Мул, к.т.н., доц.; С.В. Прокопенко, к.т.н., доц.
Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Б. Хмельницького

В сучасних умовах інформаційної боротьби та високої динаміки змін, питання оцінки достовірності службової інформації набуває критичного значення. Невизначеність джерел, наявність дезінформації та інформаційних маніпуляцій ускладнюють ухвалення обґрунтованих рішень.

Серед ключових аспектів оцінки достовірності слід звернути увагу на наступне: надійність джерела визначається його репутацією, історією попередніх повідомлень, рівнем експертності та зацікавленістю у викривленні даних; порівняння інформації з альтернативними джерелами дозволяє виявити можливі розбіжності та підтвердити або спростувати її достовірність; в умовах оперативної необхідності інформація може бути частково неточною, тому важливо розрізняти попередні оцінки і перевірені факти; використання штучного інтелекту, аналізу великих даних та машинного навчання дозволяє автоматизувати виявлення фейкової інформації та оцінювати ступінь її достовірності.

Методами мінімізації впливу невизначеності можна вважати: використання аналітичних підходів до оцінки ризиків; розробка і впровадження системи рейтингів довіри до джерел інформації; застосування технологій блокчейн для захисту даних від підробки; навчання персоналу методам критичного аналізу.

Оцінка достовірності службової інформації в умовах невизначеності вимагає комплексного підходу, який включає аналітичні методи, технологічні рішення та організаційні заходи.

СПУФІНГ МЕТОД РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕННЯ НАВІГАЦІЇ БПЛА І-КЛАСУ

Ю.В. Слободенюк; В.В. Хома; Т.А. Снівак; О.О. Лисий, к.т.н.

*Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Спуфінг як спосіб створення перешкод.

Спуфінг є ще одним важливим методом, що використовується для атаки на системи супутникової навігації. Він передбачає підробку сигналів, що надходять від супутників, з метою введення БПЛА в оману щодо його фактичного місцезнаходження. Спуфінг може бути здійснений шляхом передачі сигналів, що імітують легітимні супутникові сигнали, але з неправильною інформацією.

Спуфінг є особливо небезпечним в ході ведення бойових дій, де точність навігаційних даних є критично важливою.

Методи атак:

захоплення управління. Противник може використовувати слабкості сигналу БПЛА;

в протоколах для захоплення контролю над БПЛА. Це може призвести до того, що безпілотник виконує команди, задані ворогом, замість оператора;

втручання в передачу даних. Інший метод полягає у втручанні в дані, що передаються між БПЛА та наземною станцією. Противник може модифікувати або перебивати інформацію, що може призвести до неправильної роботи БПЛА.

Спуфінг являє собою підробку навігаційних сигналів, що виявилось значною загрозою, яка може призвести до критичних наслідків. Технології фільтрації та моніторингу сигналів здатні зменшити ризики, пов'язані з цим методом.

PROPOSALS ON THE FUNCTIONAL COMPOSITION OF RADARS IN THE RADAR DETECTION AND WARNING ADVANCED SUBSYSTEM

*V. Klimchenko*¹, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*
*V. Tiutiunnyk*¹, *Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*
*M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; S. Biletskyi*²
¹*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*
²*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

The wide use in modern warfare novel air-attack means as mini-UAV, ballistic missiles and hypersonic aero-ballistic missiles makes it necessary to revise the principles of creating a radar field and the functional composition of radar detection and warning assets about of the air enemy. It is necessary to move from a two-level radar field to a four-level radar field.

The lower level (very-low altitude level) should cover the altitudes of mini-UAV (up to 200...300 m) and should be created by special radars such as "Oko" or "Snov" around important state and military facilities, in border and frontline areas.

The field up to altitudes of 4...6 km (low and medium altitude level) should be continuous and created by radar assets of radar battalions, low-altitude radar companies and separate radar platoons.

The high-altitude level is created mainly by radar assets of radar battalions and covers the altitudes up to 25...30 km, providing detection and tracking of high-altitude targets and stratospheric targets flying in the lower part of the stratosphere.

The stratospheric altitude level should be created by special radars of the newly created radar centres, providing detection and tracking of hypersonic aero-ballistic missiles and ballistic missiles, which flying in the upper stratosphere and mesosphere, up to altitudes of 80...100 km.

PROBLEMS OF SUBSTANTIATING TECHNICAL REQUIREMENTS FOR MILITARY EQUIPMENT

*G. Kamal'tynov*¹, *Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*
*V. Tiutiunnyk*¹, *Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*
*K. Shutko*¹; *D. Donchak*², *Candidate of Technical Sciences;*
¹*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*
²*Ukrainian Defense Industry Joint Stock Company*

The problems of substantiating technical requirements for weapons and military equipment are discussed. The problem was exacerbated due to cancellation in Ukraine the standards of the technical requirements for weapons and military equipment (GOST B 20.39 group), military standards and the system of tactical and technical requirements for weapons and military equipment. The development of military standards, which establish requirements for military equipment, is very slow, therefore the development of operational, tactical and technical requirements have problems with justifying the quantitative indicators of relevant requirements. The analyses the possibility of applying national and international technical standards to substantiate certain requirements for military equipment, namely: survivability and resistance to external influences and factors, electronic protection, reliability, standardisation and unification, design, ergonomics and technical aesthetics, transportation and storage, safety and environmental protection, marking and identification, was carry out.

The list of standards to be used for each of the listed requirements is provided. A list of documents in the field of radio electronic equipment of radar troops is proposed for:

- extending the validity of cancelled state military standards;
- development of the military standards taking into account international military standards;
- adoption of international military standards as state standards (harmonization) by the method of confirmation or republication (reprinting, translation, revision).

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗВІДКИ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРО ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА

С.О. Симітко¹; Ю.Л. Перепелиця²

¹Національний університет оборони України;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедува

Збереження територіальної цілісності держави, надійне прикриття об'єктів і угруповань військ від ударів з повітря є одним з основних стратегічних завдань України у сфері оборони та важливою складовою національної безпеки.

Тенденції розвитку засобів повітряного нападу провідних країн світу, форм і способів їх бойового застосування, поширення у світі тероризму, досвід локальних війн, військових конфліктів, війна в Україні, зумовлюють зростання ролі системи охорони повітряного простору та протиповітряного прикриття важливих державних і воєнних об'єктів. Ця система є запорукою недопущення несанкціонованого використання повітряного простору над територією України, надійного прикриття воєнно-політичних та адміністративно-політичних центрів, промислових районів, важливих державних і військових об'єктів від ударів з повітря поза районом ведення бойових дій та створення сприятливих умов для захисту територіальної цілісності і недоторканості України

У доповіді запропонована методика оцінювання ефективності функціонування системи розвідки та попередження про повітряного противника, яка дозволяє оцінити ефективність функціонування системи розвідки та попередження про повітряного противника при виконанні завдань охорони повітряного простору та протиповітряного прикриття важливих державних і воєнних об'єктів із додатковим урахуванням можливих дій безпілотних літальних апаратів усіх типів.

PROSPECTIVE APPROACH TO AIR OBJECT RECOGNITION

O. Hladishchuk

*State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

The recognition of air objects is a critical task in modern air defense and surveillance systems. The effectiveness of such recognition directly depends on the accuracy and reliability of the methods used for signal processing and classification. One of the promising approaches is the analysis of the autocorrelation function of

signals, which provides valuable information about the nature and characteristics of received signals from airborne objects.

The autocorrelation function (ACF) analysis method allows for the extraction of key signal parameters, such as frequency components, coherence, and temporal structure, which are essential for distinguishing between different air objects. Additionally, by analyzing ACF-derived features, it is possible to differentiate between various classes of airborne targets.

To implement ACF-based recognition, specialized algorithms are designed to compute and interpret the correlation characteristics of received signals. These algorithms can be deployed in radar systems, enhancing the overall situational awareness and reaction capabilities of air defense units.

The proposed approach is particularly beneficial for improving the identification air objects. Future research directions include optimizing ACF computation techniques, integrating them with real-time processing systems.

The application of the autocorrelation function in air object recognition represents a promising direction for modern defense and surveillance technologies, offering improved recognition performance under various operational conditions.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ІГОР

*О.М. Загорка, д.військ.н., проф.; С.В. Поліщук, к.військ.н., доц.; М.В. Веровок
Національний університет оборони України*

Під час підготовки та ведення бойових дій противник буде намагатися мінімізувати імовірність ураження своїх засобів повітряного нападу, а протилежна сторона – максимізувати цю імовірність, зокрема шляхом побудови раціональної системи розвідки повітряного противника. Побудова системи розвідки повітряного противника здійснюється в умовах невизначеності напрямків завдання ударів засобами повітряного нападу по об'єктах і військах, а також висот їх застосування. Висоти застосування засобів повітряного нападу можуть бути визначені на основі досвіду минулих війн, проте для урахування невизначеності напрямків ударів доцільно використовувати методи, які дозволяють урахувувати таку невизначеність.

У доповіді наведена методика оптимізації просторової структури системи розвідки повітряного противника на підставі використання ігрових методів, що дозволяє урахувувати невизначеність напрямків завдання його ударів. За математичну модель оптимізації просторової структури прийнята антагоністична матрична гра з нульовою сумою. При створенні матриці гри визначаються імовірності ураження повітряної цілі, які визначаються із урахуванням імовірності її виявлення системою розвідки та імовірності своєчасної видачі інформації вогневим засобам протиповітряної оборони. Якщо у матриці гри відсутня сідлова точка, то рішення гри пропонується здійснювати методом ітерацій.

Методика може використовуватися при створенні системи розвідки повітряного противника під час проведення всіх видів операцій сил оборони України.

INCREASING THE EFFICIENCY OF RADIO ELECTRONIC COUNTERMEASURES FOR SMALL UNMANNED AVIATION SYSTEMS

V. Kantsedal, Ph.D.

*O. Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics
of the National Academy of Sciences of Ukraine*

Increasing the effectiveness of electronic countermeasures against various types of small UAVs and their ground control points (GCPs) can be achieved in two main ways, which are considered:

constructive modernization of the structure of the ground-based RES complex by including in its composition a tethered balloon (TB) with an air platform for placing a certain part of the reconnaissance and suppression means on it, which leads to an expansion of the functional capabilities of the hybrid structure of the RES complex with TB;

development of an algorithm for inter-stage situational management using a list of generalized performance characteristics of the complex at the main stages of its operation and as a whole, which creates conditions for their effective implementation of functional tasks both during internal stage management and during the integration of these management processes and the results achieved by them.

This will allow the RES complex to do what was previously unattainable for it as part of the UAV and NPU regarding reconnaissance and suppression objects, influencing the UAV control radio line, in order to detect low-altitude small drones as far as possible and suppress them at a greater distance to support the object defense and directly the security of the TB with the air platform.

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ОБСЯГУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ ЗА УМОВ ОБМЕЖЕНОГО ЧАСУ НА ЙОГО ПРОВЕДЕННЯ

С.Е. Попов, к.військ.н., доц.; О.В. Пуховий, к.військ.н., доц.;

С.А. Юфа, к.військ.н., доц.

Національний університет оборони України

Підготовка зразка радіоелектронної техніки (РЕТ) до використання за призначенням має на меті попередження несправностей і відмов в процесі його експлуатації. Ця підготовка включає комплекс спланованих операцій з технічного обслуговування (ТО) зразка РЕТ, які проводиться перед його використанням за призначенням.

Строки і обсяг ТО зразка РЕТ, зокрема в умовах обмеженого часу на його проведення, мають визначатися його технічним станом і забезпечувати працездатний стан протягом встановленого часу використання за призначенням.

В якості показника ефективності ТО зразка РЕТ можна прийняти приріст величини ефективності використання зразка РЕТ за призначенням за умов якщо ТО на ньому проведено до ефективності його використання за умов, якщо ТО на ньому не проводилося.

Обраний показник кількісного оцінювання ефективності ТО дозволяє оптимізувати планування контролю технічного стану зразка РЕТ по максимуму ефективності його проведення. При цьому, зумовлені

статистичним шляхом параметри ТО і надійності зразка РЕТ, мають враховувати досягнутий рівень автоматизації контролю його технічного стану, кваліфікацію бойової обслуги і надійність апаратури зразка РЕТ.

Зазначені підходи до визначення оптимального обсягу ТО РЕТ під час бойового застосування РТВ доцільно використовувати у ході подальших наукових досліджень з питань підвищення ефективності відновлення і ремонту ОВТ РТВ та ефективності їх бойового застосування.

УДОСКОНАЛЕНА МОДЕЛЬ ВИЯВЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

Д.С. Завадський

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Противник застосовує широку номенклатуру засобів повітряного нападу дальнього ураження: Х-101, ЗМ-14, 9М723, КН-23, Х-22/32, Х-59, Х-69, 9М728/9, 9-С-7760, Х-31, ЗМ55, Х-35/38, ЗМ22, Shahed-136/131, а також окремі інші.

Особливістю застосування засобів повітряного нападу стало активне використання рельєфу місцевості а також прогалин суцільності радіолокаційного поля для скритного наближення до призначених цілей з метою забезпечення раптовості дій і зменшення імовірності ураження. Також активно засовуються заходи зниження радіолокаційної помітності, пасивні та активні перешкоди у радіолокаційному діапазоні, використання імітаторів для викривлення повітряної обстановки.

Отже актуалізувалося питання удосконалення питань виявлення повітряних цілей для вжиття заходів протидії. Для відпрацювання всіх аспектів виявлення сучасних повітряних загроз було удосконалено модель радіолокаційного виявлення та супроводження повітряних цілей:

задається тип повітряного об'єкта (ПО) та траєкторія його руху, тобто маршрут і висота;

задається позиція радіолокаційного засобу і висота антени;

маршрут руху ПО розбивається на дискрети;

для кожної дискрети траєкторії оцінюється умова прямої видимості. Якщо пряма видимість забезпечується, то перевіряється умова максимальної дальності. Далі визначається ракурс спостереження повітряної цілі і оцінюється усереднене значення ЕПР для цього ракурсу;

процес обчислень повторюється для наступної дискрети траєкторії.

ВИЯВЛЕННЯ ВОРОЖИХ ПОЗИЦІЙ ОПЕРАТОРІВ БПЛА, ЯК ПРІОРИТЕТНА СКЛADOVA РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ В ХОДІ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Д.М. Ведула

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

Досвід бойових дій під час відбиття збройної агресії РФ свідчить, що основними причинами значних втрат особового складу Сил оборони України є використання противником безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Знищення ворожих БПЛА є складним завданням через їхню маневреність, що ускладнює виявлення та перехоплення. Однак, оскільки БПЛА керуються

екіпажами із землі, визначення їхніх координат для подальшого ураження є пріоритетним завданням.

Для виявлення місць розташування екіпажів ворожих FPV доцільно застосовувати засоби радіоелектронної розвідки (РЕР), зокрема для виявлення відеопотоків з ворожих FPV.

Високу ефективність у виявленні з метою подальшого ураження точок зльоту ворожих FPV та місць розміщення екіпажів демонструє модернізований засіб РЕР “Зигзиця”, що працює в діапазоні сканування від 920 до 1680 МГц. В ході ведення РЕР здійснюється перехоплення відеопотоків з ворожих БпЛА, їх подальший аналіз та прив’язка до місцевості, над якою пролітає БпЛА. Крім цього, оператори системи РЕР можуть визначати частоту трансляції сигналу, тип БпЛА, рівень заряду батареї та приблизну висоту польоту. На основі цих даних, за допомогою аналітичних розрахунків, встановлюється координати місцезнаходження екіпажу, який керує БпЛА, з метою подальшого ураження.

СЕКЦІЯ 8

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ. ОСОБЛИВОСТІ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН (ПІДРОЗДІЛІВ) ЗВ'ЯЗКУ ТА РТЗ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В ХОДІ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: полковник Кадура П.В.;
д.т.н. проф. полковник Васишин В.І.
Секретар секції: майор Маланкевич І.А.

IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF THE AVIATION COMMUNICATION AT A LOW ALTITUDES USING TACTICAL COMMUNICATION NODE

P. Kadura¹; D. Nepokrytov²; I. Bilichenko²; O. Chystychenko²

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The experience of combat operations during the Russian-Ukrainian war has demonstrated that, for the successful execution of assigned combat missions, aviation of Air Force must operate at low altitudes. However, flying at low altitudes affects the range of radio communication, which can lead to a loss of control over aircraft. In modern conditions, in addition to ensuring reliable voice radio communication, the primary procedure for controlling aircraft is the transmission of tactical information in real-time. This is achieved through high-speed data transmission channels between ground aviation control points, and between ground control points and aircrafts in flight.

In the Air Force, to enhance the effectiveness of aviation operations and improve the resilience of air radio communication, it is advisable to use ground-based SDR stations in the VHF/UHF range as part of a tactical communication node (TCN). The integration of modern electronic communication technologies and advanced radios into TCN enables the secure transmission of voice messages and data, protecting them from interception and decryption while operating under complex electronic warfare conditions. Additionally, the integration of the JTIDS/MIDS system with the use of TDL provides real-time data exchange capabilities.

Analysis and calculations indicate that the use of 4G/LTE modems, satellite communication terminals and Digital Radio-Relay stations for linking TCN to Electronic communication network (ECN). at a speed of at least 10 Mbps will be more effective. Additionally, the use of ground and onboard MIDS terminal equipment within the Link-16 data exchange network will ensure the transmission of graphical and text messages and provide two voice transmission channels to the aircraft.

VOICE ACTIVITY DETECTION BASED ON THE PROFILE OF NOISE EIGENVALUES

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Koval, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, the issue of suppressing acoustic noise during the processing of speech signals in specialized telecommunication networks is highly relevant, as noise reduces the intelligibility of messages and complicates the understanding of commands or combat control signals. This paper proposes an approach to Voice Activity Detection (VAD) aimed at improving the efficiency of noise suppression methods under low signal-to-noise ratio (SNR) conditions. Particular attention is given to VAD methods for estimating noise levels in noisy speech signals. The proposed approach simplifies the process of voice activity detection, as it does not require additional calculations or complex transformations, ensuring reliability and easy integration into subspace-based noise suppression methods.

In the proposed VAD, the feature for classifying speech frames during voice activity detection is an profile of noise eigenvalues. A distinctive feature of this approach is the approximation of the adjusted eigenvalue spectrum. The adjustment of the corresponding eigenvalues of the covariance matrix of the input data is implemented by reduction the noise level.

The efficiency of the proposed VAD was evaluated through simulation modeling using the MATLAB. Modeling was performed under the influence of colored noise within an SNR range from 0 dB to 10 dB. The proposed approach increases the accuracy of speech segment identification by 18% and reduces the percentage of false decisions at SNR = 0 dB compared to the VAD of the G.729 codec. It allows efficiently identify speech and noise segments, providing an additional parameter for a more precise noise suppression mechanism in segments where speech is absent.

INVESTIGATION OF SENSING SIGNALS OF MODERN AND ADVANCED LANDING RADARS TO IMPROVE THEIR TACTICAL CHARACTERISTICS

*D. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher; M. Kalan
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Development trends and analysis of the combat experience of the Armed Forces of Ukraine show that modernisation and improvement of the accuracy of sensing signals of modern and advanced landing radars is an urgent task at the current stage of the Air Force's development. In today's aviation and unmanned aerial systems, landing radars play an important role in ensuring accurate guidance and landing of aircraft in various meteorological conditions. The thesis deals with the issues of improving the accuracy, noise immunity and reliability of radar systems by optimising the sensing signals.

Promising approaches to improving the tactical characteristics of radar systems today include: the use of broadband sensing signals to improve measurement accuracy and resolution; the use of complex modulation schemes (e.g., coherent and pseudo-random signals), namely Chebyshev polynomials and Jacobi functions to improve noise immunity and measurement accuracy.

The theoretical basis for the optimisation of probing signals is: methods of synthesising probing signals with specified characteristics, including optimisation of the waveform, frequency, duration and energy parameters.

Thus, the theses emphasise the importance of research in the field of probing signals for improving the tactical performance of landing radar systems. They also outline possible approaches to solving the problems of accuracy and noise immunity in modern and future radar systems.

ESTIMATION OF THE SIGNAL'S DOPPLER FREQUENCY IN CASE INFLUENCE MULTIPLICATIVE INTERFERENCE WITH UNKNOWN PROBABILITY DENSITY DISTRIBUTION

*P. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor; M. Alonkyn; D. Ihnatovych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A complex noise environment with a priori uncertain probability of its distribution and the type of interaction between the noise and the signal complicates the estimation of the signal's Doppler frequency. Classical signal processing methods don't provide the desired quality estimation of the signal's Doppler frequency. Therefore, the search method for signal processing in conditions of an information flow about the properties of interference continues.

Recently, nonparametric methods of signal processing have been studied to improve the quality of signal parameter estimation that doesn't depend on the distribution law and the type of interaction between the signal and interference.

It's proposed using an objective function that is based on the nonparametric SG statistics. Estimation of the signal's Doppler frequency was a minimum value of the objective function. There have been estimates in the case of signal distortion by multiplicative interference with a Gaussian distribution. Particular attention was paid to the case when the multiplicative interference is described by a random process with a logistic distribution, which is characterized by "heavier" tails.

A comparative analysis was carried out to estimate the signal's Doppler frequency obtained by the proposed method and the classical maximum likelihood (ML) method. In the case of the multiplicative signal's distortion, the proposed nonparametric method has significantly smaller errors in estimating the signal's Doppler frequency. This demonstrates the effectiveness and prospect of further research.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS TO IMPROVE THE SECRECY OF THE 21ST EMERGENCY CHANNEL

*P. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;
O. Kramar; O. Sharai; V. Vasylenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The paper considers the method of increasing the secrecy of the information channel of the piloted airfield radio station that works under the conditions of REP and radio technical intelligence of the enemy using pseudo-random signals.

The method of masking the signal and restoring the binary message in the 21st emergency channel was developed on the basis of analyzing the existing methods of increasing the effectiveness of signal concealment in the conditions of conducting

radio reconnaissance and radio combat with the enemy. The main requirements for the receiver of pseudorandom signals are substantiated.

The paper considers the application of methods and algorithms of nonlinear dynamics to solve the problem of increasing the stealth of signals, namely, to reduce the probability of detecting the fact of its transmission due to the formation of signals with characteristics close to the characteristics of white noise. The approach to the formation of analytical chaotic sequences is used to construct such signals. It is shown that the use of signals formed with the help of analytical chaotic processes makes both the fact of their transmission and the disclosure of their structure impossible. Such properties of the proposed signals result in high secrecy that is ensured for the 21-emergency channel.

The simulation of the binary message recovery algorithm, as well as the pseudorandom signal generation algorithm, was carried out. The simulation results indicate that the chaotic signals considered in the work and their processing algorithms lead to an improvement in the stealth of the PAR-ARC system.

OPTIMIZATION OF CREATION OF MULTI-HOP VPN CHAINS USING GENETIC ALGORITHM

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring the quality of service and network security is currently achieved through the use of modern routing protocols and re-routing schemes. The secure data transmission between two endpoints can be provided by VPN (virtual private networks). It creates an encrypted tunnel through which data can be transmitted over public networks. VPN is widely used in civil and military applications. The importance of VPN can be explained by the requirement of obtaining data based on remote access, cloud-based services, and sending data between sites which are geographically spaced out. The most common protocols used in VPNs include IPsec, SSL/TLS, PPTP, GRE.

Today, re-routing methods and protocols are used that provide for the presence of a primary and a backup route. If the primary route fails, the message is transmitted with a slight delay by using the backup (or several backup) routes.

Furthermore, the concept of Multi-hop VPN is of interest. In this case the collection of additional (i.e. intermediate) VPN servers is used. So the traffic can be repacked several times and delay of delivery is one of the important questions. The multi-hop approach is also widely used in the communication systems and networks, including MANET, multi-hop relay in mobile communication, wireless sensor network.

Flow models and routing methods in the communication networks were investigated by Lemeshko O.V., Yeremenko O. and others. Multi-hop VPN chains was considered by Tkachov V. et al.

In the paper the genetic algorithm is used for constructing a data transmission route with minimum time delay.

Simulation results confirm the advantages of proposed approach.

The application of deep learning and neural networks is of interest for future investigations.

DEGARBLING OF THE SUPERIMPOSED REPLIES OF AIRBORNE TRANSPONDERS BASED ON DEEP LEARNING

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Lopatin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays the safety of aviation flights depends on many factors. It can be provided by combined application of primary and secondary surveillance radar (SSR), weather radar, global positioning system. Furthermore, there are many variants of systems that are related with SSR such as ADS-B (Automatic dependent surveillance-broadcast), multilateration systems and others. Furthermore, ADS-B components used in the systems of drone detection. In the ADS-B system the aircraft periodically transmit information about position, velocity and identification to neighbours aircraft or ground based radars.

The problem in the air traffic control when using SSR, ADS-B is the ability of interfering problem which causes the so called garbling effect. It has a place in the process of reception of superimposed signals coming from several neighbour aircrafts.

The performance of degarbling methods can be improved by using signal processing methods (including noise reduction methods), methods of spatial processing. Especially the influence of garbling is significant in the case of threshold signal-to-noise ratio. In the paper the combined application of deep learning and noise reduction approach is proposed. So called spectral subtraction approach is used for noise reduction. The application of deep learning for noise reduction is also considered.

The performance of proposed approach was investigated using Matlab. Simulation results confirm the improvement of problem solution by proposed approach.

It is of interest to implement the suggested approach in the ADS-B receivers.

CODED MULTI BAND OFDM RADIO COMMUNICATION SYSTEM BASED ON THE FAST HARTLEY TRANSFORM

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; P. Nekova; O. Luchen
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The requirement of high capacity of communication systems can be attended by using the modern communication technologies. Classical technologies are MIMO, OFDM and the modern variants of these technologies (for example in the optical systems so called O-OFDM is used). In the case of OFDM the incoming data stream is divided into several sub-streams, which allows achieving high quality communication even in conditions of multipath signal propagation and provides resistance to inter-symbol interference. The combination of OFDM and coding approaches is known as COFDM. COFDM is used in the several modern communication means.

Similar to OFDM the simplification of COFDM can be realized by using Discrete Hartley Transform (DHT) instead of FFT. Traditionally in the COFDM the Reed-Solomon code as forward error correction code is used. However another types of coding can be used such as BCH, LDPC, turbo codes and so on.

In the paper the combined application of Hartley transform and coding is extended to multi-band OFDM (MB-OFDM). MB-OFDM is one of the ways of transition to ultra-wideband (UWB) communication systems.

In the process of simulation the following parameters were investigated- BER and PARR. Furthermore, the influence of narrowband interference on the performance of system was investigated.

The effectiveness of the proposed approach is confirmed by simulation. The experimental results demonstrate improvement of performance as compared to traditional approaches.

The future investigation are related with using spatial diversity schemes like MIMO, frequency hopping.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR INCREASING INFORMATION SECURITY AND MONITORING THE CONDITION OF FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINES

*V. Kotsiuba, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Yarmolenko; N. Shershun
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Among infocommunications specialists and technical personnel who operate communication facilities, there is a widespread belief that the most vulnerable elements of the communication system in terms of the possibility of intercepting information are copper wires of the subscriber network, connecting lines, radio channels, etc. And after converting an electrical signal into an optical signal and transmitting it through light-conducting cables, it practically guarantees security from the possibility of unauthorized connection and reading (input) of information by the enemy. However, methods of external connection to a fiber optic cable (VOC) exist, technologies for reading optical wave oscillations without disturbing the insulation have been tested and are used, methods that involve disturbing the propagation of the electromagnetic wave in the optical fiber, resulting in a disruption of the data flow without damaging (cross-section) the optical cable are applied. The analysis of the existing methods of unauthorized access to the VOC has determined the need to develop and implement methods to counteract and protect information from unauthorized access, which is an urgent scientific and technical task. Proposals for improving the security of information and monitoring the state of optical lines of special-purpose networks:

use of VOC with shielding elements, increased flexibility coefficient and software protection methods;

implementation of technical measures to control the integrity of the VOC and monitoring the power level of optical signals;

encryption and encoding of bit messages based on cryptographic methods.

IMPROVED FLOW MODEL OF A SPECIAL-PURPOSE ELECTRONIC COMMUNICATION NETWORK BY NETWORK SECURITY CRITERION

*O. Chechui, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Riabkov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The combat experience of the Armed Forces of Ukraine necessitates the constant development and improvement of communication systems, which significantly impact the quality of troops command and control. One of the established methods

for enhancing the security of electronic communication networks is the use of VPN technologies. These technologies enable remote access to network resources while ensuring the required level of information security – a critical factor in maintaining effective troops command and control during combat operations. However, the effectiveness of VPNs depends on proper integration with other network mechanisms, such as the FHRP (First Hop Redundancy Protocols), which enhances the resilience and fault tolerance of border routers.

The proposes an improved flow model of network operation using VPN technologies, which, unlike existing ones, takes into account not only traffic parameters, but also security metrics. The model is presented as an undirected graph with the required edge bandwidth and a traffic matrix, where each node is characterized by a CVSS (Common Vulnerability Scoring System) security score. A key feature of the improved model is the consideration of time parameters: the service traffic time between network nodes and the system's response time to potential cyberattacks. The model implements multipath routing with dynamic load redistribution, which provides an optimal balance between data transfer speed and security level.

Experimental studies have shown that by optimizing the transit service traffic time and accelerating response to threats, the developed model ensures stable operation of the electronic communication networks and increases its security.

THE WAYS TO ENHANCE THE RESILIENCE OF RADIO RELAY COMMUNICATION SYSTEMS UNDER COMBAT CONDITIONS

*O. Chechui, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Lytvyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting the russian-Ukrainian war testifies to the use by the russian federation of various types of weapons of fire, electronic warfare and anti-aircraft missiles aimed at reducing (impossibility) the sustainable control of troops (forces). That is why solving the problems of ensuring high-quality communication affects the continuity and stability of the management of parts and units of the Armed Forces of Ukraine. One of the components of the communication system that ensures the exchange of information between units, control points of various links and the connection of information and communication nodes to ECN is the means of radio relay communication. That is why ensuring the proper stability of the functioning of radio relay communication channels remains relevant.

To ensure the performance of tasks under the influence of various factors on radio relay communication lines, a comprehensive application of methods of increasing survivability and immunity at the organizational and technical levels is proposed. Among the main ways, it is possible to define: the creation of an appropriate number of basic, reserved and duplicative means of radio relay communication with placement in the area per geographical conditions; deployment of antennas with observance of masking measures; use of proprietary protocols that allow you to maintain throughput in conditions of interference; determination of frequency distribution for each station in radio relay communication lines.

The proposals for increasing the stability of radio relay communication channels will ensure the requirements of timely and reliable information exchange in the system of managing troops (forces) in the conditions of military operations.

EVOLUTION OF LIGHT-SIGNALING EQUIPMENT OF MOBILE AND PACKAGING OPTIONS FOR STATE AVIATION AIRFIELDS

*O. Kulyk, Candidate of Military Sciences;
I. Kostenko, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;
O. Pavlichenko; S. Blashchuk, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The period of transition from piston to jet aviation, when aircraft speeds increased dramatically at all stages of flight and the transition from equilateral flight fields to long runways took place, can be considered the beginning of the use of the first sets of lighting and signaling equipment (LSE) at military airfields.

The first full-fledged sets of LSE for military airfields (MA) the former USSR can be considered the Luch-1d (mobile version) and AS-59 (packaged version) sets, which provided equipment for one runway direction for flights during the day in difficult meteorological conditions and at night in simple meteorological conditions. They were equipped with low-intensity constant-radiation lights with incandescent lamps as a light source. The emergence of the Luch-2, and later Luch-2M and Luch-2MU sets and special vehicle No. 5, with the use of lights with the same light sources as in Luch-1d, and special vehicle No. 6 (with high-intensity searchlight type lights HIL) made it possible to provide takeoff and landing of aircraft from two runway directions during the day at difficult meteorological conditions and at night at simple meteorological conditions and difficult meteorological conditions at minimums higher than the norms of the Category I meteorological minimum. This is the Photon LSE developed and manufactured by Vatra Corporation (Ternopil). Unlike incandescent lamps, which emit a broad spectrum light flux evenly in all directions, LEDs emit light of a certain wavelength in a certain direction. They have high light output with low power consumption and a much longer service life than incandescent lamps.

IMPROVING THE INTERFERENCE PROTECTION OF RADIO COMMUNICATION MEANS IN THE CONDITIONS OF ACTIVE INFLUENCE OF ENEMY ELECTRONIC WARFARE

*V. Kotsiuba, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
N. Bilchych; O. Titov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Air Defense System (ADS) is a key element in protecting the territory of our country from aerial attacks by enemy aircraft, guided and ballistic missiles, unmanned aerial vehicles, etc. The basic components of the ADS are surface-to-air missile systems (SAM), which are provided by NATO member countries, the main ones being: NASAMS 3, Patriot, Hawk, ADATS, IRIS-T SLM, and others.

The integration of SAMs in positional areas into communication and data transmission networks is achieved through the use of radio and satellite communication means, telecommunication equipment, and data transmission of integrated communication hardware systems (ICS).

The report notes that for a unified electromagnetic compatibility (EMC) characteristic of the radio-electronic devices of medium- and short-range SAMs and ICS, an approach has been proposed to evaluate EMC based on the frequency-limited model of the parameters of radio-electronic devices.

Recommendations for ensuring electromagnetic compatibility of ICS communication systems with SAMs of NATO member countries:

ensuring data, video, and voice information exchange through secure communication channels;

The application of technologies such as Software-Defined Networking, Network Functions Virtualization, Multi-Access Edge Computing, and others.

CONSTRUCTION OF AN INTRA-AIRFIELD RADIO COMMUNICATION SYSTEM BASED ON MANET TECHNOLOGY

O. Kulyk, Candidate of Military Sciences; V. Pozdnyak;

O. Shcherbak; E. Komarov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the context the repulsing of the russian aggression against Ukraine with constant flights of tactical aviation of the Air Force to perform combat missions of various kinds, timely and high-quality preparation of forces and means for flights is impossible without the availability of reliable intra-airfield radio communication. Today, it is carried out between the services, communication objects and radio technical ensuring (RTE) of flights of the aviation, ground-based flight support facilities and persons involved in their management and support, mainly using DMR or Tetra radio stations. Their use makes it possible to organize trunked communication networks on a radial-zone basis, but at the same time, one or more base stations are required to cover the airfield boundaries. In addition, the low data transmission rate reduces the likelihood of serving mobile subscribers. There are also significant costs of radio frequency resources.

In this regard, the question arises of the use of achievements in the field of the latest telecommunication technologies for the development and improvement of the intra-airfield radio communication system (IARCS). The construction of the IARCS based on MANET (Mobile Ad hoc Networks) technology, as a decentralized network capable of self-organization, will provide: transmission of voice traffic, data and fixed-line communications; greater coverage compared to DMR, Tetra or WiMAX standards even in the absence of line of sight; efficient use of radio frequency resources; effective combination of low-speed and high-speed services; and rapid deployment through the use of relatively inexpensive terminals.

DEVELOPMENT OF A SPECTRUM MANAGEMENT SYSTEM ARCHITECTURE

G. Shubina; V. Lysechko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Ensuring reliable communication and efficient frequency resource management in unmanned aerial systems (UAS) is a critical task, especially in electronic warfare (EW) conditions. The use of static frequency channels increases the likelihood of jamming, reducing the reliability of unmanned aerial vehicle (UAV) control.

This report presents the architecture of a spectrum management system for UAS, based on cognitive radio monitoring and adaptive frequency resource management, which includes:

1. Spectral monitoring in UAVs – spectrum analysis using a neural network enables adaptive optimization of spectrum utilization.

2. Adaptive frequency resource management – enhances communication robustness against interference.

3. Automation of UAS communication management – integration of system elements for rapid switching between communication modes, ensuring reliable data transmission in complex electronic environments.

4. Protection against radio channel attacks – detection and response to jamming or signal interception attempts using spectrum analysis and coordination blocks.

5. Target designation and guidance – analysis of the radio frequency environment to identify enemy radiation sources.

The proposed architecture improves system resilience to external influences, ensures autonomous spectrum management, and adapts to changing electronic warfare conditions.

MODELING OF CONTINUOUS CHAOTIC SIGNALS

*S. Shcherbinin, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The increasing demands for the volume of transmitted information, as well as the confidentiality of its transmission in dual-use communication systems, have led to the need to synthesize new methods and approaches for both information transmission and processing.

One of the possible methods for information transmission is the use of chaotic signals, specifically sequences characterized by chaotic properties. An analysis of publications in this field indicates their fundamental nature without practical application (implementation). The main assumption in such studies is that mathematical models of chaotic signals and the operational models of transmit-receive chains are based on the processing of already obtained discrete values at a certain point in time, while the influence of digital-to-analog and analog-to-digital conversions is not taken into account. Moreover, existing models do not consider the spectrum limitations of chaotic sequences and their impact on the concealment of the transmission fact.

The modeling of chaotic sequences is conducted using existing mathematical models (polynomials) characterized by chaotic properties. When obtaining the spectrum of such sequences, the Fast Fourier Transform (FFT) is used. Modeling results indicate the "infinite spectral width" of the synthesized sequence. Reducing the "spectral width" of the sequence is proposed through calculating the average Hurst exponent and selecting the minimal sample size that satisfies obtaining the average Hurst exponent within a certain confidence interval.

The conversion of chaotic sequences into continuous functions is proposed to be performed based on sinusoidal cardioids with an optimally minimal sampling frequency. During the transformations, spectral distortions of the output signal occur due to the truncation of the sinusoidal cardioid during modeling. When choosing a non-optimal number of values to restore the spectrum and limiting the signal in time, spectrum expansion and/or the generation of additional frequency components may occur.

Thus, the practical implementation of chaotic signals remains a significantly complex scientific problem that requires the synthesis of optimal algorithms for minimizing the spectral width and the sampling of chaotic sequences, ensuring the minimization of computations while preserving the properties of the chaotic sequence core.

DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF THE EQUIPMENT FOR DISPLAY OF THE LANDING RADAR INFORMATION AT THE WORKING PLACES OF THE FLIGHT MANAGEMENT GROUP

*O. Vysotskyi, Candidate of Technical Sciences;
O. Ratysh; O. Petrenko; I. Malankevych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, the successful solution of various problems of air traffic control is impossible without the wide use of various technical means.

Among the ground-based radio navigation systems are widely distributed drive aerodrome radio stations (South Africa), which work together with on-board automatic radio compasses (ARC).

The purpose of the report is to analyze the current state and trends in the development of airport drive radio stations, as well as to identify possible directions for their updating in the radio engineering system of state aviation flights.

Based on the available resource of ground equipment of the South African-ARC system of aircraft of the Armed Forces of Ukraine, it is advisable to consider the possibility of using drive radio stations NDB (Non-directional beacons) and ADF (Automatic direction finder equipment) in the system of radio technical support of flights of the state aviation of Ukraine. Modernization of on-board equipment is not required, aircraft are equipped with the ARC.

The aerodrome drive radio stations used in the system of radio technical support of flights of the state aviation of Ukraine require modernization or re-equipment, taking into account the chosen course toward the European Union and NATO. The successful execution of these tasks depends on the type of aircraft used and planned for use by air forces, as well as on the configuration of aircraft with appropriate radio equipment, compatible with ground.

GENERALIZED ASSESSMENT OF WAYS TO COMBAT UAVS BASED ON THE EXPERIENCE OF COUNTERING THE ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION

*O. Chekunova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the ongoing war between Ukraine and the Russian Federation, combating unmanned aerial vehicles (UAVs) is one of the top priorities in countering the enemy's intelligence, control, and combat systems.

The enemy has a significant numerical advantage in UAVs; therefore, protecting Ukrainian personnel, military equipment, civilians, and infrastructure from these threats remains an urgent challenge.

Based on combat experience in the Joint Forces Operation zone, existing air defense systems, electronic warfare (EW) systems, and light aircraft, as well as the

development of domestic countermeasures (such as trench EW), have proven effective against single UAVs. However, they are unfortunately ineffective against group targets.

The most effective way to combat UAVs is the use of laser weapons, which eliminate the need for traditional ammunition, making them economically advantageous in the long term. Their compactness and ability to integrate into mobile units enable a rapid response to battlefield changes while reducing the cost per "shot". Ukraine has developed a working prototype of a Trident-type laser weapon, but it requires further refinement and subsequent scaling.

Currently, no country can fully counter planned UAV operations. Therefore, an integrated approach combining various technologies, including laser weapons, is essential in the fight against them.

IMPROVING THE INTERFERENCE PROTECTION OF RADIO COMMUNICATION MEANS IN THE CONDITIONS OF ACTIVE INFLUENCE OF ENEMY ELECTRONIC WARFARE SYSTEMS

V. Kotsiuba, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Y. Trofimova; O. Kovalchuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The foundations of Ukraine's state policy define the main directions of military development, including the improvement of the radiotechnical support system (CNS) for state aviation (SA) flights. The need to enhance the CNS system arises from the specific requirements of organizing radiotechnical support for combat operations, particularly to integrate Western multirole fighter aircraft (e.g., F-16, SAAB JAS 39 GRIPEN).

To meet the objectives of radio and lighting support, SA airfields in Ukraine must be equipped with radio and ground lighting systems in mobile or stationary configurations.

The development of the Air Force aviation flight support system, ensuring interoperability with NATO partner countries, should be based on a scientific and technical feasibility study of the draft Air Force aviation flight support system concept. This should follow a model of interaction between state aviation flight support equipment and radiotechnical support equipment, in line with NATO and ICAO standards.

Key directions for improving radiotechnical support for state aviation in Ukraine:

- aligning regulatory documents with NATO and ICAO standards;
- equipping Air Force airfields with modern military technology per NATO standards;
- developing advanced weapons and equipment for aviation flight control.

LINK 16 OPERATION IN A GPS JAMMING ENVIRONMENT

D. Komin, Candidate of Technical Sciences; N. Popova; D. Kyrychenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Link 16 is a standardized communications system used by the USA, NATO, and Coalition forces for transmitting and exchanging real-time tactical data. It employs Time Division Multiple Access (TDMA) to provide multiple simultaneous

communication paths across different networks and utilizes frequency hopping for enhanced security and jamming resistance. These features necessitate terminal synchronization across the entire network and a common time reference with nanosecond accuracy. There are two approaches to terminal synchronization. Link 16 networks using the "old-school" synchronization method are called System Time Reference Networks (STRN). In an STRN, network time is provided by a Network Time Reference (NTR), and only one NTR can exist across the entire network. Other platforms in the network synchronize their terminal clocks to the NTR.

Link 16 networks that utilize a modern synchronization approach are known as External Time Reference Networks (ETRN). Platforms that have implemented this capability are referred to as External-Time Reference (ETR) capable.

The Russian war against Ukraine has demonstrated that both sides actively engage in GPS jamming, not only along the front lines but also deep inside the country to counter aerial attacks. Given this reality, exploring ways to integrate Link 16 in Ukraine under GPS-jamming conditions is an important task. Developing alternative synchronization sources, protecting GPS receivers, and ensuring the resilience of Link 16 networks in a contested electromagnetic environment could significantly enhance battlefield communication and situational awareness.

DIRECTIONS FOR MILITARY IMPROVEMENT OF THE RADIOTECHNICAL SUPPORT SYSTEM FOR STATE AVIATION FLIGHTS OF UKRAINE

*V. Liebiediev, Candidate of Technical Sciences; O. Tiutiunnyk; D. Konov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The foundations of Ukraine's state policy define the main directions of military development, including the improvement of the radiotechnical support system (CNS) for state aviation (SA) flights. The need to enhance the CNS system arises from the specific requirements of organizing radiotechnical support for combat operations, particularly to integrate Western multirole fighter aircraft (e.g., F-16, SAAB JAS 39 GRIPEN).

To meet the objectives of radio and lighting support, SA airfields in Ukraine must be equipped with radio and ground lighting systems in mobile or stationary configurations.

The development of the Air Force aviation flight support system, ensuring interoperability with NATO partner countries, should be based on a scientific and technical feasibility study of the draft Air Force aviation flight support system concept. This should follow a model of interaction between state aviation flight support equipment and radiotechnical support equipment, in line with NATO and ICAO standards.

Key directions for improving radiotechnical support for state aviation in Ukraine:

- aligning regulatory documents with NATO and ICAO standards;
- equipping Air Force airfields with modern military technology per NATO standards;
- developing advanced weapons and equipment for aviation flight control.

INVESTIGATION OF RESOLUTION OF DISPATCHING RADAR WITH PSEUDO-RANDOM DISCRETE SIGNAL WITH FRACTIONAL POWER ANGULAR MODULATION

*V. Slobodyanyuk, Candidate of Technical Sciences;
V. Reznichenko; U. Zbezhkivska, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In connection with the development of enemy electronic equipment, the use of control radars (DRL) of radar landing systems is becoming more difficult. Therefore, there is a need to study the conditions for improving tactical and technical characteristics, including resolution, based on the use of pseudo-random discrete signals with fractional step angular modulation.

The use of discrete signals with fractional stepped angular modulation allows to increase the range resolution of control radars compared to simple and some complex signals that are currently used as probing signals.

The report provides the results of mathematical modeling of the solution of the statistical problem of separation-measurement of signals with fractional stepped angular modulation by range under the conditions of additive interference with different densities of the probability distribution.

On the basis of the conducted research, scientific and technical proposals have been developed on the possibility of using pseudo-random signals with fractional step angular modulation by improving the element base of digital signal processing.

FEATURES OF MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS IMPLEMENTATION IN UKRAINE BY THE STANDARD IMT-2020 (5G) IN THE RADIO FREQUENCY BANDS 1710-1885 MHZ, 2300 - 2400 MHZ AND 2500-2690 MHZ

*V. Kubrak; V. Pozdnyak;
D. Voronov, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of the modern information society in Ukraine requires a steady increase in the flow of digital information, including mobile subscribers. The capabilities of existing 3G and 4G networks no longer fully meet the needs of an increasing number of consumers. There is an urgent need to introduce a faster standard of mobile communication of the IMT-2020 standard (5G). One of the important issues of this standard implementation is the assignment of frequency resources to base stations and users.

The National Commission for the State Regulation of Electronic Communications, Radio Frequency Spectrum and Public Service Communications is considering the possibility of introducing the International Mobile Telecommunication System IMT-2020 (5G) in Ukraine in the radio frequency bands 1710-1885 MHz, 2300-2400 MHz and 2500-2690 MHz. The issue of compatible operation of these radio-electronic means with the radio electronic means of the International Mobile Telecommunication IMT-2020 (5G) of common users in common frequency bands requires additional research, namely, electromagnetic compatibility calculations. These calculations should include measurements of

protective ratios and field tests at the radio equipment of the Air Force of Ukraine. This may lead to a temporary disruption of the functioning of the means involved in the systems of radio technical support of aviation flights, air and missile defense of our state, which is unacceptable in the context of repelling the large-scale aggression of Russia against Ukraine. Therefore, it is advisable to postpone the practical part of these studies to peacetime.

FORMATION OF STOCHASTIC SIGNALS WITH IMPROVED SPECTRAL EFFICIENCY BASED ON VOLTERRA SERIES

M. Hariachiy

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern communication and electronic warfare systems require signals with high spectral efficiency to ensure optimal utilization of the available frequency spectrum. This report explores methods for generating stochastic signals, particularly through the application of Volterra series, to enhance their spectral characteristics.

The Volterra series method, which enables the modeling of stochastic signals with predefined characteristics, is examined. To evaluate the effectiveness of this approach, the spectral properties of the generated signals are analyzed. The principles of multiresolution analysis and the Karhunen-Loève transform are employed to optimize energy distribution within the signal spectrum.

Modeling of the spectral characteristics of the signals has been conducted, and the optimal parameters for their formation have been determined.

The proposed approaches allow for the adaptation of the signal spectrum to changing environmental conditions, which is critical for radio communications in the presence of interference.

Future research may focus on the application of machine learning techniques for the automatic optimization of signal parameters, as well as experimental validation of the proposed methods in real communication systems.

FEATURES OF INTRODUCTION IN UKRAINE SYSTEM OF MOVING (MOBILE) COMMUNICATION OF THE STANDARD IMT-2020 (5 G) IN SEPARATE LANES OF RADIO FREQUENCIES

V. Kubrak; D. Voronov, Candidate of Technical Sciences; V. Pozdniak

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Radio equipment of the IMT-2020 (5G) standard operates at higher frequencies than equipment of previous generations. But it cannot operate at arbitrary frequencies. The frequency bands for it are clearly defined by international standards and are adhered to by all equipment manufacturers.

In our country, the vast majority of frequency bands designated for the operation of radio equipment of the IMT-2020 (5G) standard, according to the "Plan for the Allocation and Use of the Radio Frequency Spectrum in Ukraine", provide for their joint use by both special users (SU) and general users (GU) of the radio frequency spectrum with priority for SU. As of today, the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is armed with radio electronic means (REM) operating in the mentioned frequency bands. The issue of the interoperability of these REM with the REM of

the International Mobile Communications IMT-2020 (5G) GU in common frequency bands requires calculations of their electromagnetic compatibility (EMC).

The Law of Ukraine "On Electronic Communications" stipulates that the results of the EMC calculation are the Frequency and Territorial Diversity Standards for ensuring the EMC of REM for joint use by various radio technologies and radio services of GU and SU. According to the same Law, the results of the EMC calculation must be confirmed during the performance of full-scale tests.

However, conducting any measurements and tests on the REM of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine may cause a temporary disruption of their functioning, which is unacceptable in the context of repelling large-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine. Therefore, it is advisable to postpone the practical part of the specified researches to peacetime.

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AIRPORT DRIVE RADIO STATIONS

*O. Ratysh; N. Kulish; O. Kramar; M. Tulenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, the successful solution of various problems of air traffic control is impossible without the wide use of various technical means.

Among the ground-based radio navigation systems are widely distributed drive aerodrome radio stations (South Africa), which work together with on-board automatic radio compasses (ARC).

The purpose of the report is to analyze the current state and trends in the development of airport drive radio stations, as well as to identify possible directions for their updating in the radio engineering system of state aviation flights.

Based on the available resource of ground equipment of the South African-ARC system of aircraft of the Armed Forces of Ukraine, it is advisable to consider the possibility of using drive radio stations NDB (Non-directional beacons) and ADF (Automatic direction finder equipment) in the system of radio technical support of flights of the state aviation of Ukraine. Modernization of on-board equipment is not required, aircraft are equipped with the ARC.

The aerodrome drive radio stations used in the system of radio technical support of flights of the state aviation of Ukraine require modernization or re-equipment, taking into account the chosen course toward the European Union and NATO. The successful execution of these tasks depends on the type of aircraft used and planned for use by air forces, as well as on the configuration of aircraft with appropriate radio equipment, compatible with ground.

PROSPECTS FOR IMPLEMENTING THE TACTICAL AVIATION NAVIGATION SYSTEM TACAN

*V. Zakharchenko; I. Dziuba; I. Malankevych; M. Konoval
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

For radio navigation support of NATO member countries' aviation, tactical aviation navigation systems TACAN (Tactical Air Navigation System) are used as ground-based azimuth-range-measuring radio beacons.

TACAN is an azimuth-range-measuring, phase-pulse radio navigation system of NATO military aviation, which provides air users with azimuth and inclined range determination. The TACAN system is built on the basis of DME (Distance Measuring Equipment) range-measuring equipment standardized according to ICAO standards.

In order to increase the accuracy of azimuth measurement, the system implemented a two-stage method (coarse and fine) of aircraft azimuth determination aircraft and additional functions related to ensuring the inter-aircraft navigation mode.

Today, in Ukraine, for the navigation of the aircraft of state aviation, only ground-based radio beacons of the type of short-range navigation radio system (RSBN) RSBN-4N are used, which work in conjunction with onboard short-range navigation systems of the type RSBN-6s, RSBN-7s, A-312, A-317, A-323, etc.

The domestic short-range navigation system is not compatible with TACAN. Therefore, to ensure the operation of onboard equipment of aircraft that meet NATO standards, it is necessary to introduce TACAN ground-based radio beacons into the existing system of radio support of state aviation flights, which will allow providing navigation information to all types of aircraft that are in service with the Air Force of the Armed Forces of Ukraine during the performance of combat missions.

RESEARCH OF THE TRANSPORTABLE TRANSPONDER LANDING SYSTEM

*I. Malankevych; V. Zakharchenko; M. Orlov; V. Zubkov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Transportable Transponder Landing System (TTLS) is a rapidly deployable ground-based surveillance and navigation system used for precision approach and landing by civil and military aircraft. TTLS provides CAT I guidance like a conventional Instrument Landing System (ILS), but can be installed/operated at sites where ILS will not work.

TTLS also operates at airports where satellite-based systems (e.g., GBAS) will not work or are unreliable and may be deployed to temporary or remote locations where an ILS is not technically feasible or economically practical: upslope or downslope under the approach path; short runways ending at water; temporary airfields during airport establishment or enhancement (e.g., runway extension) – military deployment; certified by the U.S. Federal Aviation Administration for CAT I operations; operating in fixed-base and mobile applications worldwide.

Using proprietary software, multilateration techniques and the aircraft's beacon transponder signal used by ATC for secondary surveillance, TTLS calculates the aircraft's position in 3 dimensions relative to the runway: range; elevation angle; azimuth angle.

TTLS then computes course corrections which are transmitted to the aircraft using VHF (Localizer) and UHF (Glideslope) signals identical to those of a conventional Instrument Landing System (ILS). Course corrections are received by the aircraft and displayed to the pilot using the same equipment as a conventional ILS.

Therefore, TTLS is a promising landing system for flight safety.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS TO IMPROVE THE STEALTH RADAR SYSTEMS OF LANDING AIRCRAFT

*O. Ratych; V. Butvina; M. Alonkyn; I. Bolshakova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of combat operations of the Armed Forces of Ukraine and during the full-scale invasion of the Russian Federation, it was established that the enemy has acquired a wide-ranging system of electronic suppression, which significantly affects the quality of management and safety of flights. Therefore, for the further effective use of radar systems (radar), it is advisable to increase the secrecy of the secondary channel of radar landing systems.

After analyzing the experience of warfare, acquired during the repulsing of a full-scale invasion of the Russian Federation on the territory of Ukraine, several organizational and technical methods of increasing the secrecy of the radar systems of landing aircraft of state aviation can be determined:

The use of active mode of operation of the RSP, instead of passive, which, unlike the latter, does not have the need to use the high power of the request signal transmitter, which in turn plays a significant role in determining useful information about LA, and also helps prevent the creation of electronic interference by the enemy;

increasing secrecy by turning off the aircraft deflector of the aircraft, which in turn makes it impossible to determine the position of the aircraft in the airspace.

To increase the secrecy of the secondary channel, it is proposed to use widely band signals (SSS), which have a fairly high energy secrecy, which, in general, can be estimated by the probability of correct detection and false alarm in the energy receiver.

ANALYSIS OF EXISTING RADIO SYSTEMS OF NEAR-RANGE RADIO NAVIGATION

*M. Tulenko; O. Kramar; V. Fedorchak; K. Shulmeister
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In connection with the implementation of NATO standards in the Armed Forces of Ukraine, it is planned to re-equip the basic and operational airfields of the radio support system in accordance with the requirements of NATO and ICAO. Existing radio systems of near navigation are not able to solve the problem of ensuring the measurement of azimuth of air objects, (PO) provided by partner countries.

At the initial stage, it is planned to purchase from the partner countries of the ground beacons (near navigation systems (SBN)) of the TACAN (Tactical air Navigation system) type.

The azimuthal-rangefinder CBN TACAN is based on standardized by ICAO standards DME/N rangefinder equipment and is a further development of the VOR/DME system in order to improve the accuracy of azimuth measurement. The system implements a two-stage method of determining azimuth PO, which allows the implementation of the navigation mode between air objects. These systems operate in the VHF range and provide an indication of the azimuth and range or both of these quantities simultaneously for aircraft with respect to the ground radio beacon.

TACAN SBN is built as a multi-channel system that provides interaction with on-board and ground equipment and the determination of azimuth and tilting range, and has the ability to work in combination.

RESEARCH IMPROVEMENT METHODS RADAR LANDING SYSTEMS IN MODERN CONDITIONS OF WARFARE

*O. Kramar; O. Ratysh; I. Bukhanov; A. Shcherban
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

After analyzing the experience and lessons of the Russian-Ukrainian war, it can be concluded that the actual problem of ensuring flights of state aviation is – improving the efficiency of radar landing systems and improving the efficiency of its functionality by improving technologies, algorithms for signal processing and integration with other navigation facilities, which allows to significantly improve the accuracy and reliability of landing, and also reduce the risk of accidents.

The latest signal processing methods are actively developing taking into account the needs for high accuracy, reliability and resistance to interference. To do this, methods such as: The use of adaptive filters, coherent signal processing and coherent accumulation.

Thus, the study of the methods proposed above can help in the development of radar support of flights of the state aviation of Ukraine.

ANALYSIS OF THE METHOD FOR INCREASING THE STABILITY OF BPL CONTROL IN COMPLEX INTERFERENCE ENVIRONMENT

*E. Kashchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the conduct of hostilities by the units of the Armed Forces of Ukraine showed that UAVs are used by both sides on a massive scale, and their vulnerability is noted in case of enemy use of radio interference or electronic warfare systems (stations). One of the most vulnerable points in UAVs is the satellite navigation system, which can be easily neutralized (suppressed) by means of radio jamming (radio suppression).

Currently, there are several new approaches to improve the protection of the navigation channel from electronic warfare, including the use of angular measurements of an onboard direction finder operating on a beacon with known own coordinates; the use of software and hardware visual navigation modules using artificial intelligence; and the use of controlled radiation pattern antennas (CRPA).

A CRPA is a device that combines the received signals from several antenna elements to dynamically change the reception pattern by assigning an appropriate weighting to the pattern in the direction of the hostile electronic warfare device and true signals from satellite navigation systems (GNSS).

Based on the analysis of the use of this method, it can be determined that it is advisable to install antennas with a controlled radiation pattern of the CRPA type on board the UAV to improve the protection of satellite navigation systems from jamming and electronic warfare.

EXPANSION OF FUNCTIONAL MOZHIVOSTE EQUIPMENT OF HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX "DIGIT-R"

M. Tulenko¹; V. Fedorchak¹; K. Shulmeister¹; I. Vysotskyi²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Kharkiv National University of Radio Electronics

The task of studying the degree of automation of the processes of collection, processing, combining information and forming information models of the air situation on remote indicators in real time is relevant and will solve the problem of increasing the level of security of the aerodrome flights of the state aviation.

At present, at the airfields of the air Forces of the Armed Forces of Ukraine are actively being implemented and used to guide flights in the area of responsibility of the airfield and to solve the problems of radio engineering products of the software and hardware complex "DIGIT-R". The experience of the russian-Ukrainian war has proved the efficiency of operation and use of equipment "DIGIT-R" when performing tasks for its intended purpose, including its operational placement of equipment and personnel in protected buildings or equipped shelters.

Improvement of the equipment of the working places of the flight management group should be carried out by introducing the latest information technologies and promising geoinformation technologies; integration into the general air situation system; Realization of functions of collection, processing and display of navigation (flight) information about aircraft of modes RBS (MkXA); identification of conflict situations and automatic warning in case of their occurrence.

INCREASING THE RESOLVING CAPACITY OF THE DISPATCH RADIOLOCATOR USING VERTICALLY RANDOM COMPOUND SIGNALS

M. Tulenko; O. Kramar; M. Kislenko; I. Bukhanov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the context of consideration of enhancement methods and their resolution of signals used to determine the range and azimuth of objects, the use of pseudo-random signals and an objective function based on non-parametric SG-statistics is proposed. The selected statistics allow solving the problem of signal separation in conditions of the uncertain probability density of additive interference, which distorts the signal.

To evaluate the effectiveness of the resolution using the selected objective function in terms of signal delay time and azimuth, a comparison of the SG-statistics sensitivity function with the uncertainty function, which characterizes the potential resolution of the signal delay estimate obtained by the criterion of maximum likelihood (MP) chosen as a traditional approach for estimation of non-energy parameters of signals. The performance of the algorithm for separating pulsed pseudo-random and deterministic complex signals was verified by means of statistical modeling on a computer. The limits of the signal-to-noise ratio ensuring the best resolution of SG-statistics according to the MP criterion when estimating the signal delay and azimuth of the aircraft are determined.

Due to the high resolution of the objective function based on SG statistics, its use for estimating information parameters requires further in-depth study, especially in terms of small signal-to-noise ratios.

ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE SYSTEMS OF NEAR-NAVIGATION OF THE ICAO STANDARD

*M. Tulenko; O. Kramar; V. Fedorchak; K. Shulmeister
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, the main means of near-range navigation that meet ICAO requirements are VOR, VOR/DME, VORTAC systems. VOR/DME, TACAN are designed for continuous automatic azimuth determination with respect to ground radio beacon and range from radio beacon to air object (PO). The system is formed by a combination of the Vor omnidirectional radio beacon and the DME rangefinder's Respondent and consists of angular and rangefinder channels, which include ground and on-board equipment. The VOR radio beacon uses the phase method of azimuth measurement, which consists in the constant measurement of the bypass azimuth signal phase relative to the support signal phase. DME uses digital methods of measuring range, which consist in counting the number of reference pulses from the moment of the radiation of the request pulse until the moment of receipt of the response pulse.

The analysis showed that TACAN in comparison with VOR/DME has the following advantages: Due to the higher frequency of TACAN may be less, so it is more suitable for installation on the SOFTWARE; the method of multipetal orientation diagram is used, which provides an increase in the accuracy of the determination of the pelting; determination of the pelting and range is carried out on the same frequency channel, which allows you to reduce the amount of equipment used and save money.

METHODOLOGY FOR SIMULATING DIRECTION DIAGRAMS WHEN FORMING AN EQUAL SIGNAL DIRECTION IN INSTRUMENTAL LANDING SYSTEMS

*O. Pavlichenko; V. Pozdnyak; I. Melnikov; D. Zemlyansky
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The methodology for modeling directivity diagrams when forming an equal signal direction in instrumental landing systems allows to increase the clarity of perception of physical processes occurring in the ground and onboard equipment of the instrumental landing systems allows. In this case, in the equipment of the glide path and course channels of the landing radio beacon group PRMG-5.

In the PRMG-5 equipment, the zero method of creating equal signal direction is used, but when the antenna system operates in conjunction with the earth's surface. By constructing antenna systems and their properties, zones are formed in space that allow the aircraft to determine its location relative to the specified course and glide paths. The main parameters of the instrumental landing system are the course and glide path planes, the intersection of which forms the glide path area, the multi-sensitivity coefficient, the equal-signal direction, and the steepness of the direction finding characteristic, the analysis of which actually determines the accuracy of the course channels and glide path systems (ground and board).

The method is developed on the basis of the applied mathematical package MathCAD 2003. When analyzing the methods for forming the course plane in PRMG-5, an equidistant, equal-amplitude, in-phase antenna array is used, the element of which is a half-wave two-loop vibrator.

The method has the following steps.

1. Modeling the directivity diagram of an antenna of the "wave channel" or half-wave two-loop vibrator type.
2. Modeling the total radiation pattern.
3. Modeling the difference radiation pattern.

IMPLEMENTATION FEATURES OF MANET NETWORKS IN MODERN RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

*D. Vakulenko; A. Lytvyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the Russian-Ukrainian war, the key requirements for military communications have become: the ability to transmit data over long distances without increasing transmitter power, resilience to changes in network infrastructure, rapid reconfiguration under adverse interference conditions, and simplicity and speed of communication system deployment.

The experience of using modern radio stations from leading manufacturers (L3 HARRIS, SILVUS) in the context of decentralized wireless MANET (Mobile Ad-hoc Network) networks demonstrates the possibility of building a network that automatically changes its structure and configuration depending on conditions. In line-of-sight scenarios, radio stations communicate with each other through a broadband channel. Where direct radio communication is not available, packet routing and relay through intermediate nodes are used. Of particular importance is that new signal forms (TSM-X) implemented in L3 HARRIS FALCON IV radio stations and Silvus MANET-Interference Avoidance (MAN-IA) technology are resistant to intentional interference.

Thus, the implementation of MANET networks in VHF radio communications allows for automatic communication recovery in case of individual node failure or enemy electronic warfare (EW) effects. Moreover, rapid network reconfiguration enables operational adaptation to changes in complex electronic environment conditions and minimizes the impact of hostile electronic warfare means.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE USE OF TROPOSPHERIC COMMUNICATION MEANS

*Y. Matyukh; K. Sved
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At present, the communication nodes of command posts of units (subunits) of the Armed Forces of Ukraine located in the areas of combat operations are connected to the information and communication network of the Armed Forces of Ukraine mainly through the use of satellite communications. It should be noted that satellite communications services are provided by commercial (private) companies. As an alternative (backup) data transmission system, it is appropriate to use

tropospheric communication equipment based on small-sized, digital, high-speed tropospheric communication terminals for organising tethering and data transmission lines.

The report substantiates proposals on the options for the use and modes of operation of tropospheric communications on main, unified communication lines under the influence of enemy electronic jamming (EW). To combat the freezing that occurs in the operation of tropospheric communications, it is proposed to use a fourfold spatial spread of the signal using one transmitting and receiving mirror antenna with two irradiators that form two beams each.

One of the priority areas of development of the tropospheric communication system and equipment is the development, production and equipping of communication and information systems units of the Armed Forces of Ukraine with small-sized, noise-proof, software-controlled, digital tropospheric communication stations (terminals).

COMPUTER-CONTROLLED ATMOSPHERIC OPTICAL COMMUNICATION USING SEMICONDUCTOR LASERS

A. Huseynov, Ph.D., prof.

Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan)

The increasing demand for secure, accurate, and high-speed data transmission has accelerated the development of advanced communication technologies. This article presents the design, synthesis, and experimental validation of a computer-controlled portable optical communication system utilizing free-space transmission. Operating in the optical spectrum, the system employs a semiconductor laser with high coherence to ensure spatial selectivity and directional signal delivery. This configuration enables the secure transmission of confidential data over short distances (5-10 km), making it suitable for tactical military and secure civilian applications.

The system's architecture includes acousto-optic elements – primarily an acousto-optic modulator – that enhance signal processing capabilities and system robustness. Experimental results confirm the feasibility and efficiency of the proposed design. Signal delay control, achieved through a voltage-controlled generator and a configuration of semi-transparent and opaque mirrors, enables dynamic data processing and is applicable in fields such as radar systems. The delay step can be fine-tuned by increasing the number of laser beams or using an array of laser diodes.

The research demonstrates that compact and efficient portable optical communication systems can be created by optimizing internal components. The proposed solution offers a reliable, secure, and flexible alternative to traditional wired or radio-based communication systems, especially where confidentiality and mobility are critical.

References

1. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // *Проблеми інформатизації : тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р. [у 3 т.]. Т.1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.*

2. Ibrahimov B.G. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system // – Kharkiv: Advanced Information

Systems. 2024. Vol. 8, No. 2. pp.58-64. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.2.07>.

3. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – № 4. – С. 20-25.

4. Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.

5. Hashimov E.G. About one method of navigation task solution // АНМС after Н. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – № 20. – С. 45-49.

6. Ibrahimov, B.G. et al. Research throughput multiservice telecommunication networks // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали 10 міжн. наук.-техн. конф., 09-10 квітня 2020. Том1. с. 30.

7. Huseynov, A.G. Selection of the structural scheme of the portable optical communication system – Baku National Security and Military Sciences, 2020. с. 6, No. 1, pp. 20-27.

8. Huseynov, A.G. Portable optical communication system. Proceedings of the International scientific and technical conference on innovative technologies in telecommunications, Baku – December 4-6, 2019, 165-167.

9. Khudeynatov E.K. Methodology for assessing the effectiveness of the air defense system // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – 2024. – Т. 1. – № 75. – С. 21-27.

IMPROVING THE NOISE IMMUNITY OF DATA EXCHANGE CHANNELS BETWEEN AVIATION PLATFORMS WHEN USED IN THE MODE OF CORRELATED ACTIONS BASED ON EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

Y. Matyukh; V. Kushnir

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Currently, the Ukrainian Defence Forces have begun to make extensive use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and are working on implementing an algorithm for using UAVs in a correlated action mode.

In these systems, UAVs use a variety of communication channels, usually operating at 2.4 GHz or 5.8 GHz, precisely to ensure the correction of their coordinates, exchange of data in real time and control over each aircraft, providing for their use in the mode of coordinated actions. The main problem with the use of these frequencies is the significant vulnerability of radio data channels to enemy electronic warfare (EW).

The use of optical communication channels between manned and unmanned aerial platforms operating in a coordinated action mode is a promising direction to ensure fast, reliable and noise immune data transmission. Optical channels can provide efficient data exchange and accurate correction of the UAV's spatial position due to the high data rate and lack of sensitivity to the radiation spectrum inherent in electronic jamming and electronic warfare (EW) equipment. The paper investigates the prospects of using optical communication channels, calculates the parameters of data transmission networks and models the impact of sensitivity to the radiation spectrum inherent in electronic jamming and electronic warfare (EW)

equipment on data exchange channels between aircraft platforms used in the mode of coordinated actions, and justifies the need to use optical communication channels to ensure coordination, data exchange and/control over each aircraft.

HYBRID SPECTRUM EXPANSION METHODS IN MILITARY COMMUNICATION SYSTEMS

O. Penkovsky; A. Lytvyn

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Russian-Ukrainian war has become a testing ground for the latest combat technologies, particularly in electronic warfare and communications. In the context of full-scale invasion, ensuring stable and secure radio communication is critically important, which is achieved, among other means, through spectrum expansion technologies. Spectrum expansion involves artificially increasing the frequency range, enhancing resistance to interference and making signal detection and interception more challenging. However, individual methods, such as Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) and Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), have certain limitations. DSSS requires significant computational resources, while FHSS can be vulnerable to broadband jamming and has limited data transmission capacity.

In modern warfare conditions, hybrid spectrum expansion methods have gained particular importance, combining the advantages of multiple approaches. For example, integrating DSSS and FHSS enhances resistance to enemy electronic attacks. The incorporation of these methods with Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) technology further improves spectrum efficiency and mitigates the effects of multipath signal propagation.

Hybrid spectrum expansion methods are a crucial tool for ensuring reliable military communication, enabling effective countermeasures against enemy electronic warfare systems and reducing the likelihood of signal interception.

Therefore, hybrid methods of spectrum spreading are a promising direction in the development of modern communication systems.

LASER WEAPONS IN MODERN WARFARE

Kh. Mammadova

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

This article provides a comprehensive analysis of the development, application, and future prospects of modern laser weapons in military systems. The study begins by outlining the operating principles of laser-based weaponry, including fiber-optic, chemical, and continuous-wave lasers. It systematically examines their integration into various domains such as ground operations, naval defense, and space security. Through the analysis of current systems like the U.S. LaWS and Israel's Iron Beam, the article identifies key operational strengths, including high precision, speed-of-light engagement, reduced logistical demands, and low operational costs.

The article also investigates technical limitations caused by environmental factors, such as atmospheric interference and power supply requirements. A dedicated section explores the regulatory and ethical issues associated with the

deployment of laser weapons, especially in the context of civilian safety and international law.

Furthermore, the paper assesses future directions in laser weapon development, focusing on the role of artificial intelligence, miniaturization for UAVs, and applications in hypersonic and counter-space warfare. By combining technological review with strategic and ethical analysis, this article contributes to a deeper understanding of laser weapons as a transformative force in modern and future warfare. The study concludes that laser weapon systems are poised to become a foundational component of next-generation military arsenals.

References

1. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 21-31.

2. Piriyeв H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // – Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, – 2023. No. 1 (40). – p. 7-16.

3. Huseynov B.S., Hashimov E.G. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War // Problems of informatization. Proceedings of 11 International Scientific and Technical Conference. – 2023. – Т. 3. – С. 16-17.

4. Bayramov A.A. Development of UAV SoS flight combat reconnaissance mission program // Advanced Information Systems, 2019, vol 3, №1, p.p. 152-156. DOI: 10.20998/2522-9052.2019.1.25.

5. Hashimov E.G., Bayramov A.A., Xalilov B.M. Terrain orthophotoplanes making for military objects revealing // National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – № 4. – С. 14-20.

6. Hashimov E.G., Bayramov A.A., Sabziev E.N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.

7. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – № 6. – С. 54-56.

PERFORMANCE EVALUATION OF AN ACOUSTO-OPTICAL LOCATOR UNDER ATMOSPHERIC TURBULENCE

*E. Nasirov, Ph.D.; A.Huseynov, Ph.D., prof.; H. Kishiyev
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This article presents a combined experimental and numerical study of an atmospheric acousto-optical locator equipped with an electronic scanner, aimed at enhancing remote sensing capabilities under complex atmospheric conditions. The research addresses key challenges such as atmospheric turbulence, optical distortions, and signal noise by integrating advanced numerical modeling with controlled laboratory experimentation. Iterative computational techniques and adaptive approximation methods were employed to accurately simulate the nonlinear interactions between acoustic waves and laser radiation in turbulent media.

Experimental validation confirms a strong correlation between theoretical predictions and observed data, demonstrating the accuracy and reliability of the developed models. The inclusion of an electronic scanning mechanism significantly improved the system's spatial resolution, dynamic adaptability, and real-time

performance. The study also identifies critical parameters affecting locator performance and provides optimization strategies to mitigate atmospheric interference.

Despite its effectiveness, the study highlights limitations in extreme environmental scenarios and potential scalability issues for wide-area applications. Future work proposes the integration of machine learning algorithms to enhance real-time adaptability and extend the system's operational scope.

Overall, this research validates the scientific soundness of the acousto-optical locator's numerical models and confirms their practical applicability, contributing to the advancement of next-generation remote sensing technologies for defense, meteorology, and environmental monitoring.

References

1. Saleh, B.E. A., & Teich, M.C. (2007). *Fundamentals of Photonics* (2nd ed.). Wiley-Interscience.
2. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // *Проблеми інформатизації : тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р., [у 3 т.]. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.*
3. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition // *Proc. of Vth International Scientific Technical conference Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.*
4. Ibrahimov B. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system. – 2024. – Т. 18. – С. 19.
5. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // *Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – № 4. – С. 20-25.*
6. Hashimov E.G. About one method of navigation task solution // *АНМС after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – № 20. – С. 45-49.*
7. Ibrahimov B.G. Research and analysis of fiber-optic communication lines based on wave multiplexing technology // *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. 13 міжн. наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2023 р. Т. 2. – Харків : Impress, 2023. – С. 4-5.*
8. Hashimov E.G., Bayramov A.A., Sabziev E.N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // *2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.*
9. Hashimov E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // *Проблеми інформатизації. Тези доповідей. – С. 18-19.*
10. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // *National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.*

INTEGRATED SEISMIC-ACOUSTIC MONITORING SYSTEMS FOR REAL-TIME OBJECT TRACKING

*H. Piriye, Ph.D., prof.; A. Manafov
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Seismic and acoustic sensors serve as essential tools for the passive detection and tracking of moving objects by capturing ground vibrations and airborne sound waves. These sensors are typically deployed on the surface and operate without the

need for active signal transmission, making them highly suitable for covert monitoring in both urban and remote environments. This paper explores advanced data processing techniques used in seismic-acoustic systems, including spectral-time analysis, which enables the differentiation of object-induced vibrations from background noise, and spectral-polarization processing, which improves directional estimation through wave propagation characteristics.

Additionally, bearing determination methods based on seismic wave travel times and frequency-domain analysis allow for accurate localization of moving targets. Experimental data demonstrates a detection accuracy of 85–95%, validating the reliability and effectiveness of these systems in real-world applications. The integration of seismic and acoustic technologies provides a robust framework for real-time monitoring in security, military surveillance, and automated industrial systems.

The study highlights the benefits of passive sensing technologies, particularly their effectiveness in complex and variable terrain. It also emphasizes the future potential of enhanced algorithms and distributed sensor networks to further improve detection capabilities and expand the applicability of seismic-acoustic systems in both civilian and defense sectors.

References

1. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // *Journal of Management and Information Science*, 2016, Vol. 4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisci.8236513-cw>.

2. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // *Сучасні інформаційні системи*. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.

3. Piriyeв H.K. et al. Modelling of the battle operations. Monograph // – Baku : Herbi Nashriat. – 2017. – 256 p.

4. Bayramov A.A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // *Geography and nature sources*. – 2016. – p. 124-126.

5. Hashimov E.G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G. Hashimov, A.A. Bayramov / – Baku : National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.

6. Hashimov E.G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

MODERN APPROACHES TO VISUAL OBJECT RECOGNITION AND CLASSIFICATION

B. Sadovnykov¹; V. Lysechko², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹Ukrainian State University of Railway Transport;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Traditional image processing methods have limitations due to low adaptability and the need for manual algorithm tuning. The use of deep learning and convolutional neural networks enables the development of universal image analysis systems.

This report presents the results of a study on modern methods for visual object recognition and classification, specifically focusing on the Faster R-CNN, YOLO, and SSD algorithms, which are used for object detection and classification in static

images and video streams. The performance of these models and their recognition accuracy have been analyzed.

A key feature of Faster R-CNN is its high object recognition accuracy, achieved through the use of a Region Proposal Network (RPN). However, it has relatively low processing speed, making it unsuitable for real-time applications. YOLO (You Only Look Once) offers high-speed processing, allowing real-time video analysis, but at the cost of reduced accuracy compared to Faster R-CNN. SSD (Single Shot Detector) combines the advantages of both previous methods, demonstrating a balance between speed and accuracy.

The research results confirm that for real-time applications, SSD is the most suitable choice, as it provides an optimal balance of classification speed and accuracy.

MODELING NONLINEAR SIGNAL COMPONENTS BASED ON VOLTERRA SERIES IN THE FREQUENCY DOMAIN DURING SPECTRAL RECONSTRUCTION

K. Perets¹; V. Lysechko², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹Ukrainian State University of Railway Transport;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

This study proposes a spectral reconstruction algorithm that incorporates nonlinear signal distortions. The influence of first- and second-order Volterra series models on reconstruction accuracy is analyzed. Experimental results confirm that the second-order model reduces the mean square error (MSE) by 43,6–57,8% compared to the first-order model. Additionally, the second-order model improves amplitude preservation by 10,3% and enhances phase accuracy by 5,2%.

The proposed method effectively mitigates inter-channel and inter-symbol interference, improving signal robustness in dynamic radio environments. The transition to the frequency domain enables precise modeling of nonlinear frequency interactions, which significantly affect the spectral distribution of signals. The introduction of tensor factorization and regularization further reduces computational complexity while maintaining high reconstruction accuracy.

Future research directions include the development of the algorithm for multichannel communication systems, the integration of machine learning techniques for dynamic parameter tuning, and its application in cognitive radio networks operating in highly variable conditions. These advancements will contribute to improved adaptability and efficiency of spectral reconstruction methods in modern telecommunication systems.

TOPOLOGY OPTIMIZATION METHOD OF A DISTRIBUTED TELECOMMUNICATION SYSTEM FOR STREAM DATA PROCESSING

I. Syvolovskyi¹; V. Lysechko², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹Ukrainian State University of Railway Transport;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Increasing the number of nodes in distributed telecommunication systems (DTS) requires efficient mechanisms for load balancing and resource management. One of the problems is the uneven distribution of tasks between nodes.

The report presents the results of a study on the method of hierarchical clustering of nodes in DTS, based on the use of a modified Louvain clustering algorithm, which allows identifying communities of nodes. The method includes the following steps:

1. Representation of a distributed telecommunication system as a graph, where nodes are nodes and connections are edges. The edges have weights calculated based on the parameters of the connection.

2. Dividing the graph into layers based on the types of tasks that nodes can perform.

3. Clustering of each layer using a recursive modification of the Louvain algorithm.

4. Combining the results of the algorithm into a single distributed network of clusters.

The proposed method of hierarchical clustering, using the Louvain algorithm, allows for fast allocation of computing resources, minimizing delays in streaming data transmission and node management.

PROSPECTS FOR THE USE OF ALUMINUM AS A WIRE CORE MATERIAL

A. Katunin¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

O. Kolomitsev², Doctor of Technical Sciences, Professor;

Ye. Zarichniak¹; O. Shmyhlenko¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Technical University is the "Kharkiv Polytechnic Institute"

Against the backdrop of high copper prices, aluminum has become attractive as a raw material for wire production from a cost perspective.

According to experts, unlike the copper market, the supply of primary aluminum is better matched to demand, and the growth rate of aluminum production keeps pace with its consumption.

The analysis of the relative costs of manufacturing copper and aluminum conductors is based on three factors:

the ratio of metal prices;

weight and conductivity of metals.

Copper is significantly heavier than aluminum (copper has a density of 8.9 g/cm³ and aluminum 2.7 g/cm³), which means that a copper conductor is 3.3 times heavier than an aluminum conductor of the same size.

However, aluminum has only 0.61% of the conductivity of copper, and to carry the same current, an aluminum conductor must be 0.61% larger than a copper conductor in area.

Today, the price ratio between copper and aluminum is 3.5 times higher. In turn, the analysis of the required volumes of insulating and protective materials for the manufacture of aluminum wires indicates an additional decrease in the price attractiveness of aluminum:

if you want to make an aluminum wire that will be equivalent in terms of current load to a copper wire;

you need to ensure that the consumption of insulating;

protective materials is higher than for a copper wire.

HIERARCHICAL NETWORK TOPOLOGY FOR DYNAMIC DISTRIBUTED SYSTEMS

V. Pastushenko¹; K. Trubchaninova¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. Lysechko², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹Ukrainian State University of Railway Transport;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In dynamic distributed telecommunication systems, an efficient network topology must ensure flexibility, fault tolerance, and optimal load balancing. The proposed approach is based on hierarchical clustering, which minimizes inter-cluster delays and adapts the network structure to real-time changes.

This study presents a hierarchical topology construction method that integrates Edge, Fog, and Cloud layers to optimize data processing. The cluster organization follows a "star-in-star" principle, localizing traffic and reducing overhead costs.

An algorithm for cluster restructuring during node failures or workload spikes is proposed. Monitoring mechanisms, resource reservation, and dynamic task redistribution enhance the system's fault tolerance and adaptability. Additionally, the introduction of a multi-level hierarchical model improves data transmission efficiency by dynamically redistributing traffic between clusters. This ensures that critical tasks are processed at lower network levels while large-scale computations are handled at higher levels, reducing overall latency and increasing processing speed.

Future research directions include further optimization of load-balancing algorithms, expansion of automated cluster management methods, and integration with cognitive networks to enhance the flexibility of communication systems.

PROBLEMATIC ISSUES IN THE USE OF HOMOMORPHIC ENCRYPTION

B. Hushchyn¹; O. Dmytriiev²

¹Kharkiv National University of Radio Electronics;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Homomorphic encryption (HE) allows computations to be performed on encrypted data without decrypting it, making it a promising method for ensuring privacy in cloud computing, IoT, and financial transactions. However, several issues need to be considered when using this encryption method.

Most homomorphic encryption schemes (especially fully homomorphic encryption, FHE) require significant computational resources, which greatly limits their practical use. Additionally, homomorphic encryption significantly increases data size due to the extra entropy needed to support mathematical operations. Due to the large length of cryptographic keys, homomorphic encryption requires a complex key management mechanism.

On the one hand, a high level of cryptographic security is a key advantage of HE; on the other hand, it limits computation speed. Despite HE's great potential, its real implementation in business processes remains limited due to low performance in complex computations, the lack of standards and compatibility with traditional cryptographic systems, and the high deployment cost, making the technology unsuitable for mass adoption.

Despite its high level of security, classical homomorphic encryption schemes can be vulnerable to quantum attacks.

Homomorphic encryption schemes resistant to quantum attacks are a promising technology for protecting confidential data. However, their widespread adoption is hindered by high computational complexity, large encrypted data sizes, performance issues, and complex key management.

DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF LANDING RADARS RADIOLOCATION SYSTEMS OF LANDING OF STATE AVIATION

O. Vysotsky¹, Candidate of Technical Sciences;

I. Svyd², Candidate of Technical Sciences; K. Trojan¹; M. Adardasov¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Vasyl Stefanyk Precarpathian National University

Precision approach radar (PAR) is a separate radar landing system, which provides the detection of aircraft entering the landing; measuring their deviations from a given planing line at the rate (in the horizontal plane) and by the glide (at the angle of the plane in the vertical plane); measuring the range from aircraft to the landing point. PAR must solve the following problems: Control over the flight of the aircraft relative to the runway in the sector at a rate of $\pm 15^\circ$ and the glide from -1° to $+8^\circ$; control of flights of aircraft at their sequential landing; individual knowledge of the aircraft; get information about the condition of the on-board equipment and the condition of the chassis.

The report identifies and justifies directions of improvement of PAR radiolocation systems of landing of state aviation in the following main directions: application of phased antenna arrays with electronic scanning of a beam at a course and a glykada, which will allow to increase accuracy of measurement of angular coordinates, resolution and reliability of the system, will provide fast and flexible control of the direction of radiation; use of complex (broadband) signals, which will increase the resolution and accuracy of measuring range and noise resistance of the system; application of coherent methods of detection and processing of signals, which allows to increase the range of observation of plain or reduce energy costs while maintaining a specified surveillance zone.

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF FIRE DETECTION METHODS

A. Katunin¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

O. Kolomitsev², Doctor of Technical Sciences, Professor;

Ye. Zarichniak¹; A. Berdochnyk¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Technical University is the "Kharkiv Polytechnic Institute"

Currently, there are a significant number of ways to detect fires to solve fire safety problems. Among them is a method that detects smoke particles in an optical chamber with optically isolated infrared source and receiver, a linear method of fire detection that records a decrease in the intensity of infrared radiation on the route when fires occur, etc.

The disadvantages of the known methods are:

- the relatively high cost of technical implementation;
- a significant time for detecting fires;
- a limited amount of initial information.

Therefore, the aim of the work is to identify proposals for improving existing and developing new methods of fire detection in the interests of ensuring fire safety of facilities.

Among the promising areas of development of fire detection methods, it is advisable to identify the following:

- the use of laser lidar of differential absorption and scattering to determine the composition of fire sources, which will allow to predict the required time for fire extinguishing;
- use of diffractive and reflective film coatings, as well as LED lasers as radiation sources to reduce the cost of technical implementation;
- optimization of optical signal processing methods.

МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ У КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ

М.А. Стрельбіцький, д.т.н., проф.;

Р.П. Хоптинський, к.т.н.; А.В. Мельник

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького*

Державна прикордонна служба України здійснила модернізацію корпоративної мережі шляхом впровадження програмно-орієнтованої архітектури на основі Cisco SD-WAN. Проте в умовах бойових дій і загроз які постійно змінюються виникає необхідність переходу на більш сучасну та адаптивну модель SD-WAN із застосуванням елементів штучного інтелекту (ШІ).

Перехід до інтегрованої моделі безпеки, яка включає в себе модель безпеки з нульовою довірою (Zero Trust) та SD-WAN з використанням ШІ, що дозволить: постійну перевірку автентичності користувачів і пристроїв; підвищення продуктивності мережі за рахунок оптимізації сеансів та функцій інтелектуальної маршрутизації; оперативне виявлення та реагування на аномальну активність; адаптивний контроль доступу.

Разом із тим, необхідно при впровадженні цієї технології вважати на її недоліки, а саме: висока складність впровадження та управління; значне споживання ресурсів; можливі затримки в продуктивності мережі; хибнопозитивні спрацьовування ШІ; ризик централізації безпеки.

Отже, впровадження SD-WAN з штучним інтелектом в мережеву інфраструктуру має як позитивні аспекти, зокрема стабільну та захищену комунікацію, мінімізацію ризиків кібератак, підвищення швидкості реагування на загрози, так і певні недоліки: складність впровадження, значні витрати, можливі проблеми з продуктивністю та сумісністю. Для ефективного застосування цієї моделі необхідно ретельно планувати її інтеграцію, забезпечувати навчання персоналу та тестувати алгоритми ШІ перед повномасштабним розгортанням.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ КЕРОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ БОМБ ТА ПЛАНЕРУЮЧИХ БОСПРИПАСІВ

*О.О. Білобородов, д.т.н., ст.д.; І.Л. Єфімов; Р.П. Семенюк
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

РФ продовжує нарощувати удари авіаційними засобами ураження типу планеруючий боєприпас (вільнопадаючі бомби, що оснащені універсальними модулями планерування та корекції, керовані планеруючі авіаційні бомби, уніфіковані міжвидові планеруючі боєприпаси), що мають збільшені дальності дії. Зазначені засоби характеризуються невисокими значеннями ефективної площі (поверхні) розсіювання (ЕПР), що ускладнює їх виявлення радіолокаційними засобами виявлення та підсвічування, які входять до складу зенітних систем та комплексів. Відповідним чином зменшується робітний час, який витрачається на знищення подібного типу цілі.

За результатами дослідження уламків, з метою оцінювання характеристик радіолокаційної помітності фахівцями Інституту розроблено 3D-моделі наступних зразків: УМПК з ФАБ-250 / ФАБ-500 М-62 / ФАБ-1500 / ФАБ-3000 М-54, ГРОМ-Э1/Э2, УПАБ-1500В, УМПБ, ПБК-500У “Дрель”. Було проведено програмне моделювання щодо визначення діаграм зворотного вторинного випромінювання зразків у діапазонах роботи типових радіолокаційних засобів виявлення та супроводження повітряних цілей, а також засобів наведення зенітних керованих ракет. Визначено потенційні дистанції виявлення, обґрунтовано ракурси раціонального спостереження за відповідними цілями.

Сукупність властивостей характеризує їх як складні цілі для виявлення радіолокаційними засобами радіотехнічних військ та виявлення, супроводження і знищення засобами ураження зенітних ракетних військ Повітряних Сил, військ ППО Сухопутних військ ЗС України.

PROBLEMS OF QUANTUM STEGANOGRAPHY METHODS

Y. Holovko¹; O. Bilichenko²

¹Kharkiv National University of Radio Electronics;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Quantum steganography methods are developing more and more. Due to the use of quantum properties of the light for the anterograde transmission of information, quantum steganography can potentially guarantee absolute security of information transmission.

However, despite the significant potential, this technology has a low number of problems that make it difficult to implement in practice. First of all, the problem of realizing quantum steganographic channels. Creation of a stable channel for transmission of information in quantum measures is a difficult technical task.

Secondly, it is a problem of data transmission security, which is the fact that it is harder to secure the fact of transmission of quantum information than in classical steganographic systems. Also a problematic issue is the differential to attacks with the use of quantum eavesdroppers. Despite the impossibility of copying quantum states, such attacks are still possible. In addition, quantum steganography systems

are important to integrate into global communications networks. Also, they have a very low throughput through the limitation in the generation of quantum states.

Therefore, quantum steganography is a promising area in the field of cyber security, but it faces serious problems. To solve these problems, it is necessary to use quantum mimicry methods for signal protection, to implement quantum codes for error correction for transmission stability, to use integration of classical and quantum methods of steganography to increase efficiency.

A MODEL FOR MANAGING THE SECURITY OF MOBILE DEVICES IN CORPORATE NETWORKS

Z. Sydorenko¹; V. Sukhoteplyi²

¹Kharkiv National University of Radio Electronics;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The modern development of information technology and the IoT has significantly expanded the capabilities of mobile devices in the business environment. Their use in corporate networks helps to increase productivity, but at the same time creates new challenges in the field of information security, namely data leakage, unauthorized access and compromise of devices through malware.

The purpose of this paper is to develop a model for managing the security of mobile devices in a corporate environment that provides comprehensive data protection and reduces the likelihood of attacks.

Three main approaches are used to effectively manage the security of mobile devices in corporate networks: MDM, MAM, and EMM. A MDM system provides centralized administration, allowing you to implement security policies, set passwords, encrypt data, and remotely wipe information in case of device loss. MAM focuses on controlling individual applications, ensuring the protection of corporate data by setting access policies. Integrated EMM combines the functionality of MDM and MAM, allowing integration with corporate systems and monitoring of anomalous activity.

The proposed model for managing mobile device security is based on a comprehensive combination of key security mechanisms and combines advanced security methods, including MDM, MAM, EMM, data encryption, access control, and event analysis. This integrated approach helps to reduce the risk of mobile device compromise and protect corporate information from modern threats.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМІВ ПЕРЕОЗБРОЄННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ

І.В. Пасько, к.т.н., с.н.с.

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

На даний час на озброєнні частин та підрозділів РВіА Збройних Сил (ЗС) України перебувають різномірні зразки озброєння. Їх використання певною мірою зумовлює складність планування бойового застосування підрозділів РВіА, організації логістичного забезпечення, підготовку обслуг тощо. Отже, виникає нагальна потреба щодо оптимізації переліку зразків ОВТ, якими в перспективі буде оснащено частини та підрозділи РВіА.

Для вирішення питань щодо визначення напрямів переозброєння РВіА ЗС України необхідно розробити методичку, яка враховує обрані часткові й узагальнені показники, що впливають на пріоритетність переозброєння РВіА.

Запропонована методика складається із шести етапів. На першому етапі експертами формується перелік показників, які впливають на пріоритетність напрямку переозброєння за групами оперативного і тактичного призначення. Далі проводиться визначення значень комплексних показників рівня бойових, експлуатаційних можливостей та можливостей забезпечення подальшого утримання зразка ОВТ, який розглядається як варіант для переозброєння. На третьому етапі визначаються значення вагових коефіцієнтів показників, які впливають на величину рівня розвитку зразка ОВТ. Потім розраховуються величини рівня розвитку та рівня фінансових витрат для кожного зразка ОВТ, який розглядається як варіант для переозброєння. На п'ятому етапі здійснюється визначення значення узагальненого показника пріоритетності вибору зразка ОВТ з урахуванням показника рівня фінансових витрат і проводиться ранжування значень пріоритетності зразків ОВТ. Результатом шостого етапу є визначення найбільш доцільного напрямку переозброєння з тієї категорії зразків ОВТ, що розглядалися.

ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ ПРІОРИТЕТНОСТІ ПЕРЕОЗБРОЄННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ

О.І. Пасько

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Досвід проведення досліджень, спрямованих на визначення пріоритетів розвитку РВіА, дає підстави стверджувати, що частковими показниками оцінювання пріоритетності переозброєння РВіА можуть бути:

показник рівня розвитку зразка озброєння та військової техніки (ОВТ), який характеризує можливості із застосування, експлуатації та забезпечення подальшого утримання зразка ОВТ;

показник рівня фінансових витрат, який характеризує вартість зразка ОВТ на стадіях його життєвого циклу.

Зазначені показники є комплексними і включають ряд часткових показників, а саме: показники рівня бойових та експлуатаційних можливостей зразка ОВТ та рівня можливостей забезпечення подальшого утримання зразка ОВТ. У свою чергу рівень бойових можливостей зразка ОВТ характеризується показниками: бойової могутності зразка (максимальна дальність стрільби, максимальні кути наведення, скорострільність, кількість та тип снарядів тощо); мобільності зразка (час зайняття невідготовленої вогневої позиції, запас ходу, швидкість руху тощо); застосовності (умови бойового застосування).

Рівень експлуатаційних можливостей зразка ОВТ характеризується показниками: експлуатаційної надійності (безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність тощо) та ергономічності. Рівень можливостей забезпечення подальшого утримання зразка характеризується показниками доступності, можливості логістичного забезпечення та проведення обслуговування і ремонту.

Як узагальнений показник, величина значення якого вказує на перевагу зразка озброєння порівняно з іншими за відношенням ефективність-вартість, доцільно використовувати пріоритетність вибору зразка ОВТ.

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ АВІАЦІЙНИХ БЕЗПЛОТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ – НОСІЇВ РЕТРАНСЛЯТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ

М.О. Зінченко; В.Г. Сайко; О.В. Скляров; В.О. Комаров

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

При проведенні будь-яких заходів бойовими підрозділами СО України за зоною радіопокриття стаціонарних радіостанцій, а саме, у зоні бойового зіткнення, можливості підняття антен (антенних пристроїв) є обмеженими на місцевості, що має значні перепади за висотою. При цьому погіршуються умови прямої видимості, що призводить до погіршення чи повного переривання радіозв'язку. Радіовипромінювання наземної системи, що спрямоване у вузькому секторі, зменшує можливість визначення його положення засобами ворожої РЕР з можливостями протидії обміну даними по радіоканалу. В цих умовах стає ще більш актуальним використання ретрансляційної радіомережі, розміщеної на авіаційних БпРК. Для самих же авіаційних БпРК залишаються актуальними задачі як забезпечення надійного каналу контролю та керування ними, так і непомітності та захищеності від знищення засобами ураження противника наземної системи керування при її довготривалій роботі. Винесення радіомодулів керування та відеоданих на одну платформу з антенною системою, дає можливість конструктивно поєднати передаючі та приймальні антени і дозволяє реалізувати обертання в азимутальній площині для наведення на літальний апарат. Використання спрямованих антен дозволяє підвищити дальність системи радіокерування та контролю за рахунок звуження кута діаграми спрямованості і концентрації електромагнітної енергії в потрібному напрямку. Також, використання спрямованих антен прийому і передачі, встановлених на авіаційному БпРК, підвищить дальність радіообміну між ним та наземною керуючою станцією.

ДИНАМІЧНІ LTE-МЕРЕЖІ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ: ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

А.В. Скляров; М.М. Радченко; А.В. Титаренко

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

Сучасні військові операції характеризуються високою динамікою, що потребує надійних і швидких засобів комунікації для забезпечення ефективної координації сил. LTE-технології (Long-Term Evolution) завдяки своїй високій пропускній здатності, низьким затримкам та гнучкості в розгортанні стали перспективним рішенням для військового зв'язку. Метою даного дослідження є аналіз технічних характеристик динамічних LTE-мереж, їх адаптація до військових умов та можливості інтеграції з існуючими бойовими системами.

Ключовим елементом LTE є радіомережа, що складається з базових станцій eNodeB, які забезпечують покриття на відстані до 10 км на відкритій місцевості. Використання МІМО-антен (Multiple Input Multiple Output)

дозволяє підвищити пропускну здатність та покращити якість зв'язку в умовах багатопроменевого поширення сигналу. Ядро LTE-мережі будується на основі архітектури EPC (Evolved Packet Core), що забезпечує швидку маршрутизацію пакетів даних. Для військових потреб додаються елементи MEC (Multi-access Edge Computing), які забезпечують локальну обробку даних, зменшуючи залежність від центрального вузла. Захищеність та стійкість LTE-мережі забезпечує використання захищених військових частот (наприклад, діапазони MIL-STD), що мінімізує ризик перехоплення, а шифрування за стандартом AES-256 забезпечує високий рівень конфіденційності. Динамічні LTE-мережі використовують переносні або мобільні базові станції, інтегровані в транспортні засоби, дрони чи рюкзаки військовослужбовців. Це дозволяє швидко розгортати зв'язок навіть у складних географічних умовах.

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО ТРЕКЕРА ДЛЯ БПЛА З СУПУТНИКОВИМ, 2G ТА LBS КАНАЛОМ ЗВ'ЯЗКУ

С.В. Давіденко, к.т.н., доц.; Я.Г. Засць, к.т.н., ст.д.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Доступ ворога до серверів Iridium, перехоплення сигналів Globalstar, неможливість використання GSM трекерів на окупованих територіях, малоефективні антени та підсилювачі, постійний вплив противника засобами РЕБ призводить до істотного погіршення умов навігації БПЛА.

Одним зі шляхів покращення цієї ситуації є покращення якості та кількості каналів зв'язку прикладом якого є модель BugSat в якій в трекер додано резервний супутниковий канал зв'язку LBS – дані по сотовій мережі.

Даний трекер має “безпечний старт” активуючи супутникову передачу через програмну затримку або в аварійному режимі дані з супутникового каналу надходять в додаток з налаштованими функціями. Покращені антени, фільтри та підсилювачі, можливість інтеграції з БПЛА для покращеного прийому, а також навіть без координат передавання всієї іншої інформації та передавання сигналу при перевороті. Відбувається подальше дублювання каналів (наприклад декілька мобільних та / або супутникових операторів в 1 трекері чи дублювання трекерів в одному борті, тощо), та покращення безпеки (можливість “приховування” координат для ворожого РЕБ та для супутникового оператора). Захист даних в трекері, при передачі та на сервері, “безпечний старт” для екіпажу (відсутність фіксації точок старту, затримка увімкнення передачі даних)

Таким чином, використання трекерів BugSat за рахунок дублювання каналів, захисту даних в трекері, при передаванні та на сервері, дозволяє покращити умови навігації БПЛА та зберегти життя членам їх екіпажів.

ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РОЗВІДЗАХИЩЕНОСТІ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

В.М. Єлін¹; В.В. Помогайбо²; О.В. Іванов²

¹Національний університет оборони України;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Сьогодні вимоги що до розвідзахищеності системи зв'язку відіграють одну із ключових ролей в російсько-українській війні так як рф не полишає намірів, що до знищення наших пунктів управління та системи управління

військами (силами) в цілому і використовує для цього всі наявні засоби ураження. Тому, для підвищення цієї вимоги, доцільно використати БпЛА коптерного типу з комплексом вимірювальної апаратури для моніторингу випромінювання антен та їх бічних пелюстків радіостанцій по яких здійснюється управління підрозділами (військами). На БпЛА, пропонується встановити широкосмуговий SDR-приймач типу (RTL-SDR Blog V3 або інший) який працює в смузі частот від 500 кГц до 1,7 ГГц, що є достатнім для виміру бокових пелюстків антени яка випромінює, так як точність вимірювання в цьому випадку не важлива. Також вагомою перевагою цього приймача є покращений тюнер (R820T2), малолшумна плата та покращене охолодження. Програмне забезпечення для налаштування приймача безкоштовне та є у вільному доступі. Цей вимірювальний комплекс надасть змогу механіку радіостанції розуміти як випромінює його радіостанція, в яку сторону і як далеко у бік ворога випромінюють бокові пелюстки антени. Аналіз цієї інформації дасть розуміння що до вживання заходів по розвід захищеності, а саме зниження потужності радіостанції, зміни антени чи місця розташування радіостанції. Головною перевагою цього вимірювального комплексу є не велика вартість та простота використання. Застосування цього вимірювального комплексу підвищить розвід захищеність системи зв'язку та її живучість. В подальшому, доцільно вдосконалити вимірювальний комплекс, а саме аналізатором спектру який працює в діапазоні SDR-приймача та пристроєм для виміру радіочастотної потужності корисного сигналу типу (ImmersionRC RF Power Meter V2).

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ “КОНТРОЛЬ ДРУГОЇ ЛІНІЇ” ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

О.А. Ваврічен; Р.О. Городиський

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького*

Аналіз потенційних ризиків та загроз національній безпеці України при здійсненні процедури контролю другої лінії під час перетину Державного кордону України забезпечується інформаційною системою “Контроль другої лінії” у складі інформаційно-комунікаційної системи прикордонного контролю “Гарт-1”. Існуюча система запроваджена з метою збору інформації про подорожуючих, а аналіз та оцінювання ризиків покладатися на інспектора прикордонної служби.

Сучасні розробки у галузі інформаційних систем, зокрема технології штучного інтелекту (ШІ), базуючись на великому масиві вхідних даних сприятимуть підвищенню якості прийняття рішення про пропуск подорожуючих, тим самим забезпечуючи національну безпеку держави.

Враховуючи тенденції розвитку та існуючі можливості ШІ стає можливим автоматизована обробка великих обсягів даних, зокрема використання різних інформаційно-комунікаційних систем Держприкордонслужби для об'єднання даних з різних джерел. Автоматизований збір даних уніфікує процеси та знижує ризик “випадіння” важливої інформації.

Застосування ШІ в “другій лінії контролю” може суттєво підвищити ефективність виявлення порушень, допомогти з ризик-орієнтованим

процедурам контролю другої лінії та забезпечити якісну обробку великих обсягів даних.

Разом із тим, впровадження ШІ потребує належної організаційної та технічної підготовки, зокрема щодо захисту персональних даних, адаптації під існуючу нормативно-правову базу й навчання персоналу.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

М.М. Ліневич

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

Забезпечення електронної інформаційної взаємодії між серверною складовою інформаційно-комунікаційних систем Збройних Сил (ЗС) України з клієнтським обладнанням, що підключається до цих систем, відповідно до міжнародних стандартів із забезпечення єдиного підходу до розгортання і створення комунікаційних вузлів, можливо досягти створенням Електронної комунікаційної системи ЗС України.

Впровадження такої системи дозволить забезпечити:

швидкісний, надійний доступ користувачів до функціональних та базових сервісів інформаційно-комунікаційних систем ЗС України;

створення відмовостійкої конфігурації обладнання кінцевих абонентів та комунікаційних вузлів;

автоматизацію процесів управління комутацією та маршрутизацією інформаційних потоків;

уніфікацію обладнання комунікаційних вузлів, що спростить їх утримання, підтримку функціонування, модернізацію і нарощування спроможностей.

У доповіді обґрунтовано рекомендації щодо способів створення та впровадження Електронної комунікаційної системи ЗС України з метою набуття спроможностей відповідно до Функціональних груп спроможностей МО України, ЗС України та інших складових сил оборони (CIS-1.2.2. Стационарна комунікаційна мережа ЗС України. Взаємосумісність інформаційно-телекомунікаційних систем. CIS-1.2.3. Захищені інформаційно-телекомунікаційні послуги (сервіси).

ВРАХУВАННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЇ СИГНАЛІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ КУТОВИХ КООРДИНАТ ТА ВИЗНАЧЕННІ КІЛЬКОСТІ ОДНОТИПНИХ ДЖЕРЕЛ ІЗ ЗМІННИМИ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

О.О. Гребенюк; М.А. Роговець, к.т.н.; О.О. Гребенюк, к.т.н.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Аналіз бойового застосування оперативно-тактичної авіації противником в умовах війни свідчить про використання сучасних багатофункціональних авіаційних бортових радіолокаційних станцій зі зміною в широких межах частотно-часових параметрів сигналів, а також виду поляризації у поєднанні із комплексами радіоелектронної боротьби. Авіація застосовується із суміжного з українським повітряного простору, що ускладнює здійснення їй ефективної протидії. Своєчасне виявлення, точна ідентифікація типів та кількості засобів ураження відіграє ключову роль у відбитті повітряних ударів.

У зв'язку із цим, в доповіді запропоновано оцінювати просторовий спектр (пеленгування) із застосуванням відомих методів надрозрізнення, або їх модифікацій із урахуванням поляризаційних параметрів сигналів. Розраховані пеленгаційні характеристики визначають напрямки приймання сигналів (пеленги джерел), а також їх кількість у разі рознесення останніх за кутовою координатою, меншою релєєвського інтервалу розрізнення. Запропоноване дозволить покращити показники кутового розрізнення та оцінювання кутових координат насамперед однотипних джерел зі змінними поляризаційними параметрами, а також розпізнавання джерел за видами й типами.

В основі запропонованого лежить використання антенної решітки із широкосмуговими за частотою та ортогональними за поляризацією антенними елементами. Наявність ортогональних антенних елементів дозволяє подавати сигнали у вигляді поляризаційних векторів у ході обробки.

СЕКЦІЯ 9

ІНФОРМАЦІЙНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВИМИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Керівники секції: полковник Міхасьов С.В.;
к.т.н. доц. полковник Хмелевський С.І.
Секретар секції: к.т.н. доц. підполковник Захарченко І.В.

MODERN DATA EXCHANGE NETWORKS

*S. Mikhasov¹; V. Khrapchynskiy¹, Candidate of Technical Science, Senior Researcher;
S. Khmelevskiy², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern military operations require a high level of coordination between units, which is possible only with reliable and secure communication systems. One of the most effective tactical data exchange networks is Link 16 – a military digital communication standard that ensures secure and real-time information transmission between various NATO forces and partner countries.

The Link 16 system is widely used by NATO member states and their allies in military conflicts, exercises, and operations: aviation: used on fighter jets, bombers, and reconnaissance aircraft (AWACS); navy: installed on destroyers, cruisers, and other warships to exchange data with ground and air forces; ground forces: enables command centers and air defense units to receive real-time information about the air and ground situation.

Advantages: high communication security due to encryption and anti-interception protection methods; versatility – supports interoperability between different branches of the armed forces; real-time data transmission – ensures rapid information exchange; resistance to jamming – protected against electronic warfare interference.

Future development of tactical communication technologies focuses on: implementation of Link 22 – a new version of the standard with enhanced security and extended range; integration of Link 16 with artificial intelligence systems for automated battlefield analysis; expanding satellite communication capabilities to increase network coverage.

Link 16 is one of the most important tactical communication standards, providing a high level of situational awareness and coordination among military units. Due to its technical characteristics and security features, this system enables modern combat operations and ensures effective military command and control.

MODEL FOR FORMING FLIGHT ROUTES OF STRIKE UNMANNED AERIAL VEHICLES BASED ON REFERENCE OBJECT INFORMATION FOR CORRELATION-EXTREME NAVIGATION SYSTEMS

*V. Tarshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; K. Drozd
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of modern strike unmanned aerial vehicles (UAVs), which play a decisive role in combat operations, requires the use of navigation and guidance systems capable of solving high-precision localization tasks under enemy countermeasures.

Given the advantages provided by the use of correlation-extreme navigation systems (CENS) in combined guidance (navigation) systems, particularly their ability to operate under enemy electronic warfare conditions, the need arises for further research on UAV flight route planning to minimize exposure to enemy fire and ensure guaranteed navigation to visual reference areas.

Studies on the application of combined navigation systems with CENS, which provide high-precision UAV navigation, have shown the necessity of considering information about the background-object composition of the terrain along the flight route and in visual reference areas, the location and combat capabilities of enemy firepower, the impact of natural phenomena, and the consequences of combat operations.

Based on an analysis of existing UAV flight route planning methods and the specifics of using CENS for high-precision navigation (guidance), a mathematical model for UAV strike route formation has been improved. This model is based on neural network information and takes into account environmental influence factors, the characteristics of potential reference objects, and enemy counteraction capabilities.

DEVELOPMENT OF THE AIR SITUATIONAL AWARENESS SYSTEM "VIRAGE-PLANSHET". APPLICATIONS, TECHNOLOGIES AND PROSPECTS

K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;

S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;

*S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; Y. Shevchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Special software (SpS) "Virage-Planshet" has been developed by the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University since April 2013 and used in accordance with the order of the Ministry of Defense of Ukraine dated 05.04.2011 No. 185 as amended on 08.10.2020 No. 371.

Since the first days of repelling large-scale armed aggression, the "Virage-Planshet" system has gained global importance. It has become the main air situational awareness system used by all components of the Security and Defense Forces of Ukraine and provides information support for decision-making in repelling all air and missile attacks.

The development of the SpS is carried out on an ongoing basis by improving the operational efficiency of air situation information, completeness and accuracy of information provided to users through:

- improving the visualization and processing of primary information from domestic and foreign radar stations;
- obtaining additional intelligence on the air situation from alternative sources of information;
- integration with other information and communication systems.

Special attention is paid to the challenges and strategy of implementing the "Virage-Planshet" system. The main activities carried out to develop the system's SpS since February 2022 are presented. The functionality of guiding the UAV-interceptor into the zone of visual contact with an enemy reconnaissance drone is considered. The main problematic issues in the implementation of the system and the prospects for its future development in terms of data processing and the ability to connect new sources of information are highlighted.

STEGANOGRAPHIC ANALYSIS OF DIGITAL AUDIO FILES USING NONPARAMETRIC STATISTICS

*P. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;
K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;
V. Slobodyanuk, Candidate of Technical Sciences; V. Chystov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In general, the main task of steganographic analysis is to determine the presence of hidden information in a suspected container, which, in particular, can be presented in the form of a digital audio file.

The paper proposes the use of nonparametric statistics methods, such as SG-index and BDS-statistics, for steganographic analysis of audio files, information in which is embedded by the method of relative replacement of the values of the coefficients of the discrete cosine transform (Koch-Zhao method).

The mathematical modeling was performed using a set of 100 audio recordings of negotiations that differed in duration, spectral characteristics, presence, and noise level. The first group of 50 files did not contain embedded information, the second group of 50 files contained steganographic information with a container filling level of 10 %, 50 %, and 90 %, respectively.

During the steganographic analysis, the average frequency components of the DCT matrices of the container files were considered as some time series. When calculating the values of the SG-index and BDS-statistics for such series in empty containers and containers with embedded information, the authors found even slight changes in the values of the coefficients of the discrete cosine transform.

FEATURES OF CONSTRUCTION AND APPLICATION OF A SIMULATION MODEL

*B. Demidov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
O. Khmelevska, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Khmelevskiyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Simulation Modeling is one of the most powerful and flexible tools for solving various problems in different fields of knowledge, including tasks related to the development and testing of complex systems. The creation of models is carried out in accordance with technical requirements for their development and fundamental principles. The refinement and verification of the model's suitability for its intended use involve its certification, which means that a model passport (form) is developed and documented. Along with the model passport, an operation manual and technical documentation for the model are prepared.

Modeling languages (programming languages) remain an effective tool for specialists developing software. The use of these languages requires specialized knowledge and certain practical skills from the user. There is a need to create a universal package of applied programs (an automated simulation model) capable of being configured to simulate any real objects within a predefined class.

An automated simulation model should perform at least the following set of operations:

input and formation of a data array for modeling;

transformation of system elements and connection schemes into a standardized form;

simulation of the module and interaction of system elements;
processing and analysis of modeling results;
model management.

This set of functions can be expanded as new procedures are automated during the model's preparation or operation.

TWO-FACTOR AUTHENTICATION METHOD BASED ON BIOMETRIC METHODS

*Y. Stasiev, Doctor of Technical Sciences, Professor; K. Netrenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's ever-increasing cyber threat environment, traditional authentication methods such as password protection are becoming less effective. Using a password alone does not provide a sufficient level of security, as users often use weak or repetitive passwords that are easy to guess or steal. One of the most effective solutions for improving security is the implementation of two-factor authentication based on iris scanning.

It has been established that iris scanning authentication allows for authentication with a false positive rate of less than 0.0001%. In addition, the use of this method provides speed and convenience, hygiene, and resistance to counterfeiting.

The authors propose a methodology for selecting iris reflection codes with consideration of the Hamming distance. The results of the study of the choice of the threshold for authentication of objects and subjects of the system are presented. A methodology for selecting the optimal value is proposed.

Thus, two-factor authentication is an effective means of protecting information systems from unauthorised access.

METHODS FOR CONSTRUCTING CONTROL SEQUENCES FOR CRYPTOGRAPHIC SYSTEMS IN THE FACE OF CYBER THREATS

*Y. Stasiev, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Reshetnikova; A. Sych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A method for constructing control sequences for cryptographic systems that meets modern security requirements for data transmission under intensive cybernetic influence is proposed. It is shown that the required structural properties can be ensured through nonlinear transformations of the elements of control sequences. Three methods of introducing nonlinear filtering of sequence elements into the formation algorithms are considered.

The report presents the results of research on the properties of control sequences. It is shown that the structural properties of such sequences can be improved by using substitution and permutation functions. The results of the study of structural and correlation properties of synthesized sequences are provided. Examples of software and hardware implementations of means for generating robust control sequences are given.

A methodology for assessing the resistance of control sequences to the disclosure of the formation law has been conducted. Recommendations are developed for fine-tuning the parameters of encryption algorithms, as well as for an

adaptive approach to transformation creation, allowing dynamic adjustment of parameters depending on operating conditions.

The obtained results can be used in the development of information protection systems. The application of adaptive mechanisms ensures more effective resistance to hacking attempts and significantly reduces the probability of successful cryptographic attacks.

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING A LARGE GROUP OF UAVS

*Y. Stasiev, Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Sych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A decision support system (DSS) is being developed for managing a large group of unmanned aerial vehicles (UAVs) in combat conditions. The main focus is on enhancing the adaptability and efficiency of decision-making processes under group degradation and conflicts in technical systems within the unpredictable battlefield environment. Proposed algorithms based on machine learning and real-time data processing enable effective UAV group management.

The report presents research results related to the integration of adaptive mechanisms into the DSS. It is shown that the correct selection of parameters and the timely adjustment of management strategies ensure greater resilience to operational uncertainties and enemy countermeasures. The importance of precise tuning of decision-making algorithms and the use of adaptive approaches for dynamically adjusting UAV control parameters in response to changing combat conditions is particularly emphasized.

Special attention is given to methods that enhance the resilience of UAV control systems against disruptions caused by electronic warfare, signal jamming, and other battlefield threats. The use of adaptive mechanisms allows for the generation of control parameters and the efficient modification of mission plans in real-time, ensuring uninterrupted UAV operation even in challenging conditions.

DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM IN CONFLICT SITUATIONS

*Y. Stasiev, Doctor of Technical Sciences, Professor; D. Topyrik
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern control systems are usually part of information and telecommunication complexes for managing technical objects and people. The development of such complexes is due to progress in the field of computer technology, control automation and technological processes. Such complexes have been developed due to progress in the field of computer technology, automation of control and technological processes.

The analysis of modern military conflicts, natural and man-made threats requires effective measures to minimize the risks and challenges faced by states. One of the most promising areas of security in terms of technical implementation is the creation of a situational awareness management system based on unmanned aerial vehicles.

The studies conducted to date, including those with the authors' participation, show that the most effective methods are those of using groups of UAVs with the number of vehicles from 10 to 500. The use of large groups of UAVs brings to the fore the problem of managing large groups of UAVs. It is shown that when a group

of UAVs operates in combat conditions, the group management system will be prone to degradation, which, in turn, will require the creation of an effective automated decision support system in real-world conditions.

The report presents the results of research on the creation of a decision-making system for a degrading UAV group based on the theory of conflicts in technical systems. A mathematical model of the decision-making system in conflict conditions is developed. The mathematical expressions for estimating the probabilistic and temporal characteristics of such a system are given.

ALGORITHMS FOR CONSTRUCTING CONTROL SEQUENCES FOR THE DYNAMIC MODE OF OPERATION OF THE COMMUNICATION AND CONTROL SYSTEM

*Y. Stasiev, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Moroz
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A method for generating control sequences is developed to ensure a dynamic mode of operation of the communication and control system. The main attention is paid to increasing cryptographic stability and efficiency by using nonlinear methods of generating control sequences. Algorithms including nonlinear filtering, nonlinear mixing, and the introduction of nonlinearity in the register feedback are proposed, which can significantly increase the structural secrecy of the generated sequences.

The report presents the results of studies confirming the effectiveness of the use of registers built over the extended GF(2q) field. It is shown that the use of such methods allows obtaining sequences with a long period, high linear complexity, and resistance to attacks. A methodology for optimizing the choice of generation parameters is presented, which allows for greater resistance to cryptanalysis methods and possible threats.

The results of the evaluation of the crypto-stability of the obtained control sequences, including the analysis of their correlation and statistical properties, are presented. The use of the proposed methods provides increased security of cryptographic systems, allowing to avoid attacks based on linear dependencies and exhaustive search.

DESIGN OF AN OPERATIONAL SUPPORT SYSTEM FOR DECISION-MAKING BY COMBAT SERVICE PERSONNEL

*S. Khmelevskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
I. Dziuba; Y. Kushyna
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The military sphere serves as a platform for the implementation and testing of the latest information technologies. In modern conditions, automated control systems are a key element and catalyst for the development of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine. The degree to which these systems match the current level of information technology determines the effectiveness of the potential of forces and resources in wartime, as well as the quality of combat training and the rational use of material resources in peacetime.

Rapid decision-making in the context of modern combat requires commanders to be promptly provided with the necessary information. This necessitates the active integration of information technologies into military management. The continuous

increase in the volume of information complicates its processing, making it necessary to create decision support systems for the automation of data collection, storage, systematization, and analysis. The complex air situation and information overload complicate the work of combat personnel, who use information models to assess the situation. Existing automation systems require constant improvement and adaptation to contemporary challenges.

The proposed model of the decision support system would enhance management efficiency in conditions of information saturation and limited decision-making time. The use of modern information technologies in the design of the decision support system allows minimizing the risks of emergencies, optimizing the interaction of all elements of the management system, and ensuring effective decision-making even in difficult conditions.

ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE DEPLOYMENT OF FIGHTER, ATTACK AND BOMBER AVIATION OF THE RUSSIAN FEDERATION DURING COMBAT OPERATIONS ON THE TERRITORY OF UKRAINE

N. Korolyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. Butenko; B. Rud; O. Kulabuhov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Aviation plays a critically important role in the ongoing war in Ukraine due to its versatility, mobility, and strategic significance. It provides reconnaissance, fire support for ground forces, strikes on enemy rear positions, and logistical operations. At the same time, Ukraine's effective air defense system significantly constrains the operational capabilities of Russian air forces, forcing them to rely on long-range strikes, electronic warfare measures, and low-altitude maneuvering.

The Russian Air Force has adapted its tactics by reducing the number of sorties into high-risk areas while increasing the use of precision-guided munitions and unmanned aerial systems. Strategic bombers are employed for massive cruise missile strikes, fighter jets for air interceptions and escort missions, and attack aircraft for direct support of ground troops. Despite its numerical advantage, the Russian Air Force faces challenges such as the loss of experienced crews, equipment wear and tear, and operational constraints due to the persistent threat posed by Ukrainian air defenses.

The experience of this war demonstrates that even overwhelming air superiority can be neutralized by an effective air defense system and well-developed tactical approaches. Consequently, the aerial dimension of the war in Ukraine has become a testing ground for the refinement of modern combat doctrines and the adaptation of existing operational concepts to the realities of contemporary high-tech warfare.

APPROACH TO INTEGRATING INFORMATION FROM DIFFERENT TYPES OF SOURCES AT THE STAGE OF AIR OBJECT TRAJECTORY DETECTION

S. Shylo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Pakhomova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

A system of diverse radar information sources that provide data for further joint processing within a radar information processing system is currently considered a viable alternative to multiposition radar stations. This system combines enhanced

radar surveillance quality due to additional information compared to a single radar station with the relative simplicity and practicality of development and processing compared to multiposition radar stations.

The most significant benefit of shared information use is achieved in the radar information processing system through the integration of individual measurements. In general, a system for collecting and processing radar information within automated control systems for special applications can integrate an arbitrary number of spatially distributed radar stations of various types, frequency ranges, and operating modes. The optimal approach to information fusion in such conditions is asynchronous integration of individual measurements.

In a radar information processing system with asynchronous measurement integration, there is a need to develop trajectory detection algorithms based on data received from multiple sensors. The challenge lies in the asynchronous arrival of measurements with varying accuracy at unknown time intervals. This approach enables the fusion of data from different sources, ensuring an adequate assessment of the air situation even under conditions of limited or inaccurate initial information.

DISTANCE LEARNING AND ITS ROLE IN THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS DURING THE PERIOD OF MARTIAL LAW

V. Kalachova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Resercher;

O. Misiura, Candidate of Technical Sciences, Senior Resercher;

V. Pavliy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; N. Shyhymaha

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Russian-Ukrainian war has been going on for eleven years, the last three of which have been the most bloody and destructive. The number of destructions and damages is growing every day and already exceeds 200,000, the restoration of which requires more than \$500 billion. As of September 2024 alone, 3,798 educational institutions in Ukraine suffered from Russian bombing and shelling (70 of them are higher education institutions), of which 365 were completely destroyed (5 of them are universities). The duration of airstrikes alone during 2024 and in Kharkiv alone was 156 days!!!

In these conditions, in order to maximize the preservation of the country's human resources during the period of martial law and to increase its intellectual potential, a distance learning form was introduced in many educational institutions of Ukraine almost immediately after the start of the full-scale invasion. Having many years of experience in using distance technologies, HEIs and MHEIs quickly established the educational process and already at the end of 2024, three HEIs of Ukraine (NTU "KhPI", Sumy State University and V. Karazin KhNU) received honorary "silver" and "bronze" in the international ranking Times Higher Education Online Learning Rankings among the best universities in the world offering educational programs using distance technologies. Platforms for online education Moodle, Microsoft Office 365 for Education, Google Workspace for Education, "MiX" (developed by Sumy State University), "DIALOG" (developed by KhNAFU) stand together with Ukraine in defense of its sovereignty!!!

Together to victory!!! Glory to Ukraine!!!

**REQUIREMENTS FOR CYBER-PHYSICAL SYSTEMS
AS AN INTELLECTUAL COMPONENT OF A SPECIAL
PURPOSE AUTOMATED CONTROL SYSTEM**

*S. Shylo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Pershyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The term "Cyber-Physical Systems" was introduced in 2006 by Helen Gill, Director of the US National Science Foundation, to refer to complexes consisting of physical objects, control subsystems and actuators (controllers). Cyber-Physical Systems in general are quite different from traditional control systems: they include, often, a greater number of redundant mechanisms, decision-making and recovery tools due to the lack of working staff or the desire to automate the process.

In addition, it is worth noting the very different requirements for targets, possible risks, their assessment and forecasting. The systems mentioned may have different requirements both in terms of performance and reliability as well as the operating systems and applications used, which can be considered non-standard in a typical network environment. Security features must be implemented in such a way that the integrity of the system is maintained, but also in the event of abnormal states, such as the presence of cyber-attacks. At this point in time, available Ethernet devices and IP devices are replacing previously used proprietary technologies in the Cyber-Physical Systems, which increases the likelihood of vulnerabilities and cybersecurity incidents.

These systems implement new solutions to promote enterprise connectivity and remote access capabilities. The integration of physical and cyber space adds new capabilities, but provides less isolation of the system from the external world. While existing information and communications network solutions can prevent most threats, Cyber-Physical Systems require special security measures.

**MULTILEVEL METHOD OF CLASSIFICATION OF AIR OBJECTS
IN SPECIAL-PURPOSE AUTOMATED CONTROL SYSTEM**

*S. Shylo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Yatsun
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the present stage, the challenges of Russia's armed aggression indicate the need to optimise the processing of diverse information about the air enemy from various sources, which is a prerequisite for the effective functioning of the state air defence system.

The variety of information sources and their different capabilities complicate target identification, which requires an integrated approach to data processing.

It is proposed to use a method based on a multi-level system of alphabet classes, which allows combining signal, trajectory and operational and tactical features, increasing the reliability of identification results. The method involves preliminary and final data processing using a multi-level system of alphabet classes.

At the pre-processing stage, the source generates measures of the probability of air objects classes based on signal, trajectory and operational and tactical characteristics. The obtained estimates are transferred to the processing system, where uncertainties and measurement errors are taken into account by applying rules built using the fuzzy set apparatus.

At the final stage of processing, the data is transformed into a single representation in a multi-level class alphabet system, where higher-level classes combine lower-level classes. The weighting coefficients are used to recalculate the probability of a recognition object belonging to a particular class.

**ANALYSIS OF THE PECULIARITIES OF BUILDING A ROUTE
FOR THE MOVEMENT OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE
BRIGADE VEHICLES TO PERFORM AIR DEFENCE TASKS
IN THE CONDITIONS OF COMBAT OPERATIONS**

*N. Korolyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Butenko; B. Rud; V. Nitsenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The role of Anti-Aircraft Missile Forces in the ongoing war in Ukraine is critical, as the war is characterized by high intensity, rapid changes in the operational environment, and extensive use of advanced attack technologies, including cruise and ballistic missiles, unmanned aerial vehicles, and electronic warfare systems. Under such conditions, the effective execution of air defense tasks requires surface-to-air missile forces to demonstrate flexibility, automation of command processes, and integration of modern weaponry.

The effectiveness of Anti-Aircraft Missile Forces units depends on optimal movement routes that minimize the risk of enemy strikes while ensuring the rational use of resources. Maneuvering in combat zones is complicated by enemy actions, minefields, damaged infrastructure, time constraints, and adverse weather conditions.

Considering these factors, the optimal solution involves the application of the branch and bound method in combination with modern database systems. This approach helps minimize the risk of personnel and equipment losses, ensures efficient resource allocation, and enhances responsiveness to dynamic changes in the operational environment. The implementation of these solutions represents a significant step toward improving Ukraine's air defense system.

**THE PROCESS OF KNOWLEDGE FORMALIZATION FOR PLANNING
THE ROUTE OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE
RECONNAISSANCE FLIGHT**

*N. Korolyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Y. Chopenko; B. Rud; A. Romanyuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the Ukrainian-Russian war, unmanned aerial vehicles have become an indispensable tool that has fundamentally changed the conduct of modern warfare. Unmanned aerial vehicles perform specialized missions such as aerial reconnaissance, surveillance, tactical aviation support, and more. They operate in close proximity to their forces or at a distance, on the flanks, in the rear, or in areas not adjacent to the battlefield. Working as a team, unmanned aerial vehicles and manned aircraft ensure high efficiency in monitoring targets and precision in mission execution.

Unmanned aerial vehicles route planning requires an integrated approach that takes into account both the technical aspects of the aircraft itself and external factors, including weather conditions, terrain, and legal restrictions. All these factors must be carefully analyzed and considered to ensure the safety, efficiency, and successful execution of the unmanned aerial vehicle mission. Effective communication systems and data links play a crucial role in maintaining control and coordination, particularly in complex or dynamic environments.

A comprehensive approach to planning allows for minimizing risks and maximizing the effectiveness of unmanned aerial vehicles. Continuous analysis and optimization of unmanned aerial vehicle routes are essential for maximizing operational capability and the efficiency of reconnaissance operations. The use of modeling software, based on modern mathematical algorithms, and the simulation of possible scenarios will allow for the early identification of potential risks and the optimization of flight routes to accomplish the assigned tasks.

ANALYSIS OF THE OPERATIONAL-TACTICAL TASK OF ROUTE PLANNING FOR A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT COMBAT EXPERIENCE

N. Korolyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Y. Chopenko; B. Rud; M. Dudko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) play a key role in modern military strategy, especially in the context of the Russian-Ukrainian War. To date, the role of air reconnaissance systems is steadily increasing in the planning and direct conduct of military operations, as well as in the monitoring of military-industrial facilities outside national territories to detect threats, particularly in the context of ongoing aggression by the Russian Federation.

Modern methods and algorithms for planning the routes of UAV groups are focused on ensuring maximum coverage of the observation area with minimal time and fuel costs. Various algorithms allow for the efficient solution of routing tasks, taking into account constraints and criteria. However, an important direction for further development is the improvement of algorithms for working with large numbers of UAVs and complex real-time operating conditions.

The use of UAVs for reconnaissance missions is accompanied by a number of unresolved problems related to the need to take into account many factors: the nature of the fighting, the terrain, meteorological conditions, the presence of electronic warfare. In view of this, it is critical to increase the level of automation of the route planning process, which allows taking into account both uncertainty factors and changes in the tactical situation. Thus, the successful execution of reconnaissance tasks by a UAV group largely depends on the proper organization of route planning, taking into account safety, efficiency, and resource optimization. Considering key factors such as flight safety and the optimization of time and fuel allows for improved operational effectiveness and the minimization of risks during the execution of complex missions in real-world conditions.

THE METHOD OF REPORTING ON THE ACTIVITY OF NETWORK SUBSCRIBERS TO PREVENT INFORMATION LEAKAGE BASED ON NETWORK EQUIPMENT LOGS

*S. Osiievskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Ursol
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern telecommunication networks provide fast transmission of large amount of information, what increases the risk of data leakage and unauthorised access. One of the effective ways to ensure monitoring and control of network activity is to analyse logs of network equipment to generate reporting information.

The proposed method is based on the centralised collection, processing and analysis of logs from network equipment in a special-purpose information and communication network (ICN). The system is based on tools for analysing DNS queries, recording network traffic, and using specialised SIEM solutions such as Graylog. This ensures prompt and structured analysis of subscribers activity in real time. The implementation of this method allows not only to identify potential threats but also to effectively predict possible incidents.

The method automates the detection of abnormal user activity, which may indicate compromise, information leakage or violation of security policies. The use of mechanisms for filtering and correlation of logs allows timely response to suspicious activities and blocking potential threats.

The effectiveness of the proposed method is confirmed by its high flexibility and the ability to integrate into existing systems. The use of modern log analysis algorithms significantly increases the level of control and protection in special-purpose ICNs.

DEVELOPMENT OF A STATISTICAL MODEL OF OPERATOR'S ACTIVITIES

*I. Borozenets, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Aleksandrov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
D. Parkhomenko, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At present, there is an intensive integration of information technologies in almost all spheres of modern society, which in turn causes their increasing impact on human operators.

The effectiveness of using a complex ergonomic system will depend on both the operational characteristics of the technical means and the professional qualities of the system operator, particularly on their functional reliability.

For the system to be perceived, reliability is an important characteristic of it, as well as of any object. In the real world, an object is perceived as a significant element of a complex system when it functions and we see it as such. If it does not work, does not function, it loses its purpose as an object. In other words, reliability determines the existence of an object.

Given that the task under study contains features of a system with different connections of elements: series, parallel, series-connected reserved elements, combined (proposed solution) connected reserved elements. It is necessary to consider the approach to the calculation of individual structures and the system in general.

The developed statements significantly help to theoretically describe the behaviour of operators in the process of training to acquire automatic skills of timely and error-free work.

RELIABILITY ASSESSMENT OF OPERATORS OF COMPLEX ERGATICAL SYSTEMS

*I. Borozenets, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Osievskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Nesmiian, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, the introduction of modern information technologies is quite widespread in almost any sphere of human activity. The combination of all means and forms of interaction with computing resources determines their increased impact on the human operator. To solve this problem, it is common to use mathematical models of the management operator's activity, which is associated with a number of problem factors that significantly limit the scope of their application.

In order to eliminate the influence of problem factors, it is proposed to model the operator's activities by the method of statistics tests, which are implemented by simulation modelling, which allows avoiding the negative impact of factors. The main function of the method is to simulate the functional activity of the operator using a simulation model, considering random factors that are limited by the influence of the operating conditions, the management process and the operator itself.

To obtain an effective result, the applied mathematical model of the operator's activity should be transformed into a special model algorithm, which will provide information on the description of the components of the research process, given their mutual relations and interactions between them.

The development and implementation of statistical simulation models of complex operator's activities became possible due to the use of modern information technologies.

INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO AUTONOMOUS COMBAT PLATFORMS: BENEFITS AND RISKS

*M. Lytvynenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Lenets; N. Harmash; V. Liutov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The integration of artificial intelligence (AI) into military systems is one of the most relevant areas of modern research. Autonomous combat platforms equipped with AI open up new opportunities for conducting combat operations, increasing efficiency, accuracy and speed of decision-making.

Autonomous combat platforms with AI can perform such strategic tasks as territory protection, reconnaissance, target destruction, support for military operations, drone swarm management, conflict zone monitoring, rescue missions, minimizing losses among the military, and optimizing decisions in real time.

At the same time, the use of AI generates a number of risks. The risks of using autonomous combat platforms include potential loss of control, ethical dilemmas,

the possibility of making wrong decisions due to algorithm errors, cyber threats, unpredictability of actions in complex situations, and the risk of conflict escalation due to the autonomy of decisions on the use of force.

Autonomous combat platforms with artificial intelligence are a challenge and an opportunity for the modern world. Their effective implementation can change the course of combat operations, make them more technologically advanced, reduce casualties among soldiers, and increase the chances of successful completion of operations. However, the success of these processes depends on the ability to resolve the technical, ethical, and legal issues that arise along the way.

PROPOSALS FOR IMPROVING THE SOFTWARE OF MONITORING THE INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORK OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*I. Zakharchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. Hladyshchuk; V. Sheyanov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern warfare, information security and effective monitoring of the information and communication network (ICN) are critically important for the Air Force of the Armed Forces of Ukraine (AF AFU). The software used for this purpose must meet the highest standards of reliability, functionality, and security.

Modern monitoring systems provide data collection, analysis, and visualization of information regarding equipment status, traffic, and service availability. This enables prompt response to failures, identification of vulnerabilities, and optimization of resource utilization. As a result, administrators can ensure the efficient operation of the infrastructure while minimizing risks and downtime.

To enhance the monitoring software for the ICN of the Armed Forces of Ukraine, an analysis of existing monitoring systems, their features, advantages, and disadvantages has been conducted. Requirements for new or upgraded software have been formulated, with a primary focus on the Zabbix software, as it offers a wide range of functions, open-source code, and is already in use within the AFU.

The most promising approach to improving the monitoring software for the ICN of the AF AFU is the implementation of a comprehensive monitoring strategy. This includes integrating the monitoring system with artificial intelligence and security systems, as well as developing an optimal model for visualizing the system's status. This approach will provide a comprehensive view of the ICN's condition, enable the analysis of large volumes of data, detect anomalies, and ensure a rapid response to security incidents.

DEVELOPMENT OF THE DETECTION METHOD DDOS ATTACK USING ENTROPY OF PACKET DIVERSITY AND THEIR RATE OF TRANSMISSION

*O. Petrov, Candidate of Technical Science, Associate Professor;
S. Balakireva, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Pidlisnyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

As the experience of a full-scale invasion shows, blocking networks leads to inevitable losses. Therefore, DDoS attacks were found to pose a serious threat to the continuity of service delivery and could lead to disruption of military operations.

There are several types of DDoS attacks, such as ICMP Smurf, SYN Flood, UDP Flood, and HTTP Flood, each of which uses different protocols and approaches to achieve a denial of service effect.

The proposed algorithm for the detection of DDoS attacks using the entropy of the diversity of packets and their transmission speed based on two indicators of a fast variable exponential moving average and a slow variable exponential moving average makes it possible to effectively detect DDoS attacks by comparing fast and slow changes in entropy and packet transmission speed. This approach allows you to quickly detect sharp changes in network traffic that may indicate a DDoS attack and configure thresholds for different types of network environments.

The developed DDoS attack detection method is based on the use of packet diversity entropy and packet transmission rate as key characteristics for detecting abnormal changes in network traffic.

Thus, this detection method is an effective tool for detecting DDoS attacks, but its success largely depends on the correct configuration of thresholds and network parameters.

PERSPECTIVES ON THE APPLICATION OF CLOUD TECHNOLOGIES TO ENHANCE COMPUTING RESOURCE EFFICIENCY

O. Nesmiiian, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

S. Osiievskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Borozenets, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Habbasov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern specialized automated control systems face challenges such as limited computing power, the need for rapid scaling, and ensuring uninterrupted access to critical data. Analyzing existing hardware and software solutions that rely on traditional resource management approaches helps identify key issues and determine optimal solutions.

One promising approach to enhancing computing resource efficiency is the adoption of cloud computing for dynamic scalability of computational capacity. Research on modern cloud platforms shows that the most effective solution involves automatic load balancing and dynamic resource allocation through orchestration technologies such as Kubernetes.

With support for horizontal scaling, the system can automatically increase or decrease the number of virtual computing nodes based on real-time workload. This prevents server overload during peak periods and optimizes computing costs during low-activity phases. The use of automatic scaling for containerized services ensures the efficient operation of applications in real time, minimizing downtime and preventing performance degradation.

Furthermore, distributed data processing in a cloud environment optimizes workload distribution across multiple physical or virtual servers, reducing latency in executing critical computations.

Thus, integrating cloud computing with dynamic scaling into specialized automated systems not only enhances computing resource efficiency but also ensures flexibility, adaptability, and high performance in changing operational conditions.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF CLIENT-SERVER SPECIAL SOFTWARE USING SPATIAL DATABASES

I. Zakharchenko¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Honcharenko¹; Y. Lysenko¹; O. Noskov²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Informational Technology

Modern client-server systems for military aviation command and control and air defense systems face challenges related to limited bandwidth, computing resources, and unstable transmission conditions. Analysis of existing hardware and software solutions that implement the concept of client-server architecture allows to identify key problems and optimal methods of solving them.

One of the promising approaches to increasing the efficiency of client-server special software (SSP) is the use of spatial databases (DB). Analysis of existing database technologies and their integration with hardware and software solutions shows that PostgreSQL with the PostGIS extension is the optimal choice. Using this extension provides several key benefits, including optimized processing of spatial data by supporting complex geometric operations such as damage zone detection, route tracing, and real-time flight path analysis. Efficient request processing algorithms minimize server load, which is critical for military systems. Fast indexing of spatial data using R-trees and GiST-indexes allows to speed up access to geographic information, which is especially important for the analysis of the air situation.

In addition, the system adapts to dynamic conditions thanks to support for updating geospatial data in real time, which facilitates a quick response to a change in the combat situation.

Thus, the implementation of PostgreSQL with the PostGIS extension in client-server systems with a functional purpose not only ensures the efficiency of spatial data processing and transmission, but also improves situational awareness and operational management.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE FOR ACCESS CONTROL AND IDENTIFICATION OF PERSONS AT SENSITIVE FACILITIES

M. Lytvynenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; R. Mitin

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The development of effective software and hardware for access control and identification of individuals, prevention of unauthorized penetration and adaptation of the system to changing operating conditions guarantee reliable security control of regime facilities.

The main principles of building an access control system are the use of multi-factor identification (biometric parameters, RFID, code keys). The system combines the architecture of hardware (identifier, reader, controller) built with an emphasis on scalability and protection against cyberattacks in combination with software that is responsible for managing the entire system, capable of processing large amounts of data in real time, making decisions about access and integration with other

components of the security system, storing data about the individual and their access rights. To reduce risk, local networks and servers are isolated from public infrastructure.

Automation of access control allows to significantly reduce the workload on personnel, minimizing the likelihood of errors and contributing to increasing the efficiency of the entire facility.

In conclusion, it should be noted that the use of hardware and software for access control and identification of individuals increases the level of security of sensitive facilities, optimizes the management of personnel and equipment, ensures the protection of confidential information, and promotes rapid adaptation to new challenges facing the defense sector of Ukraine.

IMPROVING THE RESILIENCE OF ROUTING PROTOCOLS IN SPECIALIZED NETWORKS THROUGH THE USE OF MODERN SHORTEST PATH SEARCH ALGORITHMS

*D. Parkhomenko, Candidate of Technical Sciences; P. Kodastkyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The resilience of modern routing protocols to disruptive influences is a key factor in the deployment of specialized information and communication networks. Research indicates that traditional routing algorithms, such as OSPF, RIP, and EIGRP, have vulnerabilities that can negatively impact the stability of network infrastructure.

Protocols based on Dijkstra's algorithm, such as OSPF, are effective in stable conditions; however, their adaptability is limited in the presence of disruptive influences. This limitation arises from the need for a complete route recalculation when network topology changes, which can lead to significant delays in the routing process. In cases of network attacks or degradation, this can substantially reduce the efficiency of network operations.

On the other hand, protocols that utilize iterative planning and adaptive routing principles, such as D* Lite, provide significantly greater flexibility. They enable rapid adaptation to topology changes and minimize delays in route adjustments. This is critically important in military networks, where response speed to changing conditions is of paramount importance.

Thus, the need to modernize existing routing protocols is evident. Integrating OSPF with the D* Lite algorithm can enhance resilience to disruptive influences and network degradation, which is crucial for specialized information and communication systems.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

*E. Vorobyov, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

With the beginning of the full-scale invasion of the Russian Federation into the territory of Ukraine, compared to the conduct of the anti-terrorist operation in the subsequent operation of the joint forces, the role of unmanned aerial vehicles (UAVs) in military operations has exponentially increased. Especially the

use at night, with limited visibility, the need for special equipment and the development of new methods of using UAVs.

The use of UAVs in the dark requires special technological solutions, in particular:

The use of thermal and infrared cameras to detect objects in the dark.

The use of artificial intelligence (AI) systems for automatic recognition and classification of targets.

The use of navigation technologies (GPS, inertial systems, LIDAR) for precise positioning in conditions of limited visibility under conditions of inoperative radio-electronic suppression systems.

First of all, modern UAVs can be equipped with:

Thermal imagers – to detect objects by thermal radiation.

IR cameras – to capture objects in complete darkness.

Lidar systems – to create 3D maps of the terrain in conditions of poor visibility.

Adaptive AI algorithms – to analyze images in real time.

Despite the above-mentioned equipment, a promising development is the use of adaptive artificial intelligence algorithms for complex analysis of images or video streams from UAVs.

So, the use of UAVs at night opens up new opportunities for military operations. Thanks to innovative technologies, their effectiveness will only increase, which will contribute to the expansion of their areas of use.

A DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON A HYBRID APPROACH TO DATA ANALYSIS

*D. Kalinovskiy, Ph.D.; S. Smelyakov, Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Intelligent decision support systems (DSS) are becoming integral to the modern management of complex processes. They provide analysis of large data sets and automation of selecting optimal solutions in various areas. The system uses a hybrid decision-making approach that combines machine learning (ML), deep learning (DL), expert systems, optimization techniques, and natural language processing (NLP).

Combining machine learning and deep learning allows the DSS to automatically analyze large volumes of data, identify hidden patterns, and build accurate forecasts. At the same time, expert systems integrate specific knowledge and logical rules critical for decision-making in specialized fields. This approach allows you to effectively combine statistical algorithms and human expertise, creating a flexible decision-making system. Optimization methods are key in choosing the best solutions, considering numerous constraints and performance criteria. DSSs use heuristics, genetic algorithms, and stochastic methods to achieve an optimal balance between computational speed and accuracy of results. This is especially important in resource management, where it is necessary to adapt to changing conditions quickly.

Natural language processing (NLP) significantly improves user interaction with the DSS system by allowing the analysis of textual data, extracting key information, and providing recommendations in a user-friendly way. Integrating NLP with analytical modules makes the system more adaptable and convenient for public administration. Such technology facilitates faster decision-making, reducing the need for manual analysis of large volumes of textual information.

Integrating DSS with databases and analytics systems will automate the decision-making process and minimize the influence of the human factor. As a result, we will be able to manage risks more effectively, improve strategic planning, and promptly respond to changes.

ANALYSIS OF VIDEO COMPRESSION TECHNOLOGIES TO IMPROVE DATA TRANSMISSION EFFICIENCY

*M. Parkhomenko, Ph.D.; V. Radziievskiy
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, in the context of ongoing hostilities on the territory of Ukraine, the need for efficient transmission of video information resources has significantly increased. This is primarily due to the constant dynamic changes at the frontline, the growing volume of reconnaissance and surveillance data, and the significant load on data transmission channels.

One of the most effective ways to increase transmission speed is to apply advanced video compression techniques that reduce file size without significant loss of quality. Lossless compression methods allow for the reduction of data volume while ensuring that the original video quality remains unchanged. Among these, MJPEG (Motion Joint Photographic Experts Group) is widely used, particularly for compressing sequences of frames. This method applies Huffman coding, which optimizes the data structure without losing information. Although MJPEG does not achieve as high a compression ratio as lossy methods, it remains relevant in applications requiring high fidelity, such as forensic video analysis and medical imaging.

Lossy compression methods achieve much higher compression ratios by removing redundant or less significant information. The most widely used standards in this category are H.264 (Advanced Video Coding, AVC) and H.265 (High Efficiency Video Coding, HEVC). These formats rely on the discrete cosine transform (DCT) to perform compression on a frame-by-frame basis. A more recent and increasingly popular lossy compression method is VP9, developed by Google. This codec is widely used for web-based video streaming and serves as a competitor to H.265, offering similar compression efficiency while being royalty-free. VP9 is particularly beneficial for platforms like YouTube, where bandwidth efficiency is critical.

Future research should focus on enhancing compression algorithms, improving machine learning-based video encoding, and developing adaptive transmission protocols for dynamic and high-load environments.

ADVANCED SOFTWARE FOR PLANNING AND MONITORING THE COMMUNICATION SYSTEM OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*D. Havrylov; D. Zapara, Candidate of Technical Sciences; R. Lukianiuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is impossible to imagine warfare without communications equipment. A wide range of possible types and models of communications equipment capable of ensuring the effective performance of the task is constantly increasing. At the same

time, the growing number of providers creates an additional risk of incorrect selection of the base station for the selection of information resources at the stage of designing and maintaining the communication system, introduces corruption risks, etc. The complexity of controlling the movement and operation of communications equipment with appropriate accounting has increased significantly, leading to significant delays in the process of writing off property lost during hostilities and a mismatch between the documented state of affairs and the real one. An analysis of the main tasks of designing and monitoring the communication and information systems in the Air Force of the Armed Forces of Ukraine was carried out. The research of available publications and developments indicated the relevance of the development of tools for the organization of wireless communication (radio relay, WiFi), which is confirmed by the availability of commercial and non-commercial tools (Google, Ubiquiti). A conceptual model for the automatic construction of a communication system based on the existing telecommunication and topographic situation of the area, taking into account the possibility of deploying own communication means within the assigned task, has been developed. The software implementation of the developed model will allow the user to reduce the time for making a decision on providing communication to a unit in a certain area of the task and facilitate the accounting and control of material and technical means at all levels of management.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR PREDICTING THE BEHAVIOR OF SPECIAL-PURPOSE INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS

*Y. Tolkachenko, Ph.D.; V. Kovinskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern information and communication networks are developing at a rapid pace, leading to a proportional, and in some cases even more significant, increase in resource requirements for their maintenance. The complexity of network architecture and its high degree of branching necessitate the involvement of a large number of specialists for network monitoring, timely detection and elimination of faults, prevention of cyberattacks, and efficient traffic redistribution.

Since the inception of information and communication technologies, numerous methods for automating network monitoring have been proposed. However, modern networks require more intelligent approaches to their state analysis. This report examines the prospects for implementing artificial intelligence technologies for analyzing and forecasting the operational parameters of information and communication networks. Methods for determining key network parameters in accordance with regulatory standards over specific time intervals are outlined. In this context, network analysis refers to the process of comparing the regulated and actual states of the network, with the result being the identification of parameter deviations from normal operating conditions.

The network analysis process requires significant human resources to determine the causes of deviations and to make decisions on appropriate response measures. The use of artificial intelligence for processing these deviations significantly improves the efficiency and speed of fault detection and resolution. This study explores promising architectures of artificial neural networks designed for analyzing and predicting the states of information and communication networks. The advantages and disadvantages of various real-time network monitoring approaches using modern intelligent technologies are assessed.

**ENHANCEMENT OF TECHNOLOGIES FOR INCREASING BIT RATE
OF VIDEO INFORMATION RESOURCES IN INFORMATION
AND COMMUNICATION SYSTEMS**

*M. Parkhomenko, Ph.D.; V. Balko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern video transmission systems for UAVs face challenges related to limited bandwidth, computational resources, and unstable transmission conditions, especially in scenarios involving electronic warfare. The advanced H.265-CDEF standard, which integrates the Constrained Directional Enhancement Filter (CDEF), addresses these challenges by improving video quality and reducing compression artifacts.

Compared to existing standards such as H.264, H.266 (VVC), and AV1, H.265-CDEF achieves an optimal balance between compression efficiency and adaptability. The hybrid integration method, which combines the application of CDEF at both the encoding and decoding stages, reduces the amount of transmitted data, enhances video quality, and improves resilience to packet losses. Experimental analysis revealed that H.265-CDEF reduces file sizes by 20–30%, improves video quality by 10–15% (based on PSNR and SSIM metrics), and provides better stability under adverse transmission conditions compared to H.264.

Despite increased computational requirements, this issue can be addressed using hardware acceleration (FPGA, ASIC) and optimized algorithms, ensuring energy-efficient processing suitable for UAV applications. H.265-CDEF offers an effective solution for transmitting high-quality video, optimizing communication channels, and adapting to dynamic conditions.

**RESEARCH OF WEB SIP CLIENT-SERVICE IP-TELEPHONY
CAPABILITIES AS AN ELEMENT OF THE COMMUNICATION
SYSTEM OF TACTICAL OPERATION CENTERS**

*A. Klimochkina; A. Samokish, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's combat environment, reliable and efficient communication is one of the key elements of effective mission command. IP telephony systems and Web SIP clients are promising solutions for providing communication between tactical operation centers and tactical units. The flexibility and ease of integration of Web SIP clients allows them to be used on a variety of devices, such as smartphones, tablets and laptops, providing high-quality communication using only a web browser.

The main advantage of Web SIP clients is that they can operate without any special hardware. The latest IP telephony technology guarantees a high degree of information security in a combat environment. This is especially important at the tactical level, where a disruption in the communication system can lead to a disruption in command and control system (C2). Integration of a web-based SIP client into the communication system will allow for fast transmission of voice messages, location data, text messages, and even multimedia files. As a result, commanders will be able to receive information for decision-making in real time, which significantly increases their efficiency.

The prospects for the development of such systems include greater autonomy, integration with artificial intelligence, and increased resistance to cyberattacks. Web SIP clients will increase efficiency, flexibility and reliability in the management of military operations.

IMPROVING METHODS OF MONITORING AND CREATING COMMON OPERATION PICTURE

*A. Samokish, Ph.D.; Y. Tolkachenko, Ph.D.; V. Stadnick; A. Krepko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern requirements for the efficiency and reliability of combat situation monitoring systems are constantly growing. This necessitates the development of new methods, as well as the improvement of the existing system of data analysis methods, namely: machine learning and artificial intelligence methods: for processing large amounts of monitoring data and identifying hidden patterns and anomalies; Big Data processing methods: for analysing and processing data coming from various sources, including sensors, satellites and other monitoring systems; digital modelling methods: for creating models of the combat situation and predicting its state. To build a closed-loop solution to this class of problems, it is relevant to develop comprehensive software and algorithmic software within the framework of a modular-component approach to provide decision support for the presence of anomalies in monitoring data, which allows for a dialogue mode to select the expected types of anomalies and form a set of criterion functions in accordance with typical patterns of normal and anomalous data.

RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS AND PRODUCTIVITY OF NETWORK INTRUSION DETECTION SYSTEMS

*I. Klaban; O. Pershin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

With the development of information technologies, the need to protect computer networks from external threats is also growing. Detection and prevention tools, which can be implemented through both software and hardware methods, play a crucial role in this process.

Depending on the scale of deployment of technical resources to be protected and specific situations in which they are used, it may be more appropriate to choose a particular network security solution.

To select the most suitable solution, this study investigates the software tools Snort and Suricata. Performance measurements of the detection systems were conducted. To ensure comprehensive testing, experiments were carried out both on live network traffic and on stored datasets.

This work focuses primarily on signature-based intrusion detection systems, emphasizing their performance evaluation in high-speed network environments. A detailed comparison of the two detection systems was performed on the following platforms: Ubuntu with the Linux 5.4 kernel, a virtual machine running Ubuntu with the Linux 5.4 kernel deployed on the VMware ESXi hypervisor, and FreeBSD under conditions of high-intensity traffic.

The results of the comparative analysis of intrusion detection and prevention systems provide a clear overview of the effectiveness of each solution, offering a reliable foundation for ensuring the secure deployment and operation of local networks.

EVALUATING THE EFFICIENCY OF INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS USING DEEP PACKET INSPECTION TECHNOLOGY

*N. Harmash; D. Yakymovskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The effectiveness of information and communication networks largely depends on the ability to detect threats in a timely manner, analyze the structure of network traffic, and optimally manage resources. Deep Packet Inspection (DPI) technology is becoming an increasingly relevant solution for these tasks.

DPI uses advanced signature and behavioral analysis techniques to detect both known and emerging threats. Thanks to the detailed analysis of each network packet, this technology is able to identify not only standard anomalies, but also complex patterns that may indicate the presence of malware, unauthorized access attempts, or changes in typical traffic characteristics. In addition, DPI allows you to analyze encrypted traffic without having to disclose its contents, which is critical to maintaining data privacy in modern networks. Although the implementation of DPI is associated with increased requirements for computing resources, thanks to optimized algorithms and modern hardware solutions, this drawback gradually eliminated, making DPI an effective tool for continuous monitoring and ensuring high quality of service (QoS).

Therefore, the use of DPI allows you to create an adaptive network infrastructure that can quickly respond to changes in traffic characteristics, identify potential threats in a timely manner and implement measures to neutralize them. The technology helps not only to improve network security but also to optimize the use of network resources through more accurate analysis of data coming from various sources.

INTELLIGENT SYSTEM FOR ANALYZING AND OPTIMIZING THE OPERATION AND CONFIGURATION OF THE INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORK

*V. Tkachuk; V. Shulha
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern information and communication networks are becoming increasingly complex, which requires effective methods for their monitoring and optimization. The intelligent information and communication network analysis system is aimed at automated data collection about its state, identifying possible problems in the equipment configuration, as well as predicting its behavior in various typical and non-typical operating circumstances.

To achieve these goals, the system uses machine learning algorithms and its own local knowledge base to predict network behavior and provide recommendations for making changes to the network topology and device configuration.

The research examined different approaches to collecting and analyzing data on network performance in various situations, as well as working with our own knowledge base to generate network device configurations to ensure the necessary security policies.

Configuring network settings is a long and laborious process. Using AI as an assistant and advisor makes this process much faster and more efficient.

The use of such a system is especially relevant for the Armed Forces of Ukraine, where it is necessary to ensure the stability and security of communications and optimize its settings. Further development of artificial intelligence in this area will contribute to greater automation of military network management, increasing their resilience to cyberattacks, flexibility in combat conditions, and the overall efficiency of communication systems.

RESEARCH ON THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF A LOCALLY DEPLOYED GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL IN OPERATION WITH OWN KNOWLEDGE BASE

V. Shulha; O.Pershyn; I. Nikora

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Artificial intelligence (AI) is becoming an integral part of modern technologies and has the potential to change the way to process large-scale data considerably. The significant increase in technical documentation, instructions, and the reduction of paper versions are causing an increase in the time it takes to process the large amount of information. In modern conditions, the use of AI, in particular generative models, can significantly speed up and facilitate work with own databases, which contain large amount of data.

This research investigates the local implementation of a generative AI model to work with own knowledge base. The advantages of using such a model in the context of ensuring data confidentiality is critically important for military structures. The possibilities of local deployment of models for effective processing of large amount of data without the need to transfer them to external cloud services minimize the risks of information leakage.

Special attention is paid to the importance of correct queries forming to own knowledge base, which allows to optimize the search and retrieval of relevant information, reducing the risk of data misinterpretation.

The technical and practical aspects of integrating local language models into the organization's internal systems provide the increase of analysis efficiency, decision-making, and interaction with information resources while maintaining a high level of information security.

To explore the capabilities of Llama 3 on personal devices, Open WebUI was considered and deployed using Docker, providing a user-friendly interface that integrates with models from the Ollama registry, allowing to deploy and interact with Llama 3 in a local web interface.

Local use of generative AI models, in particular based on Llama 3, is a promising approach for organizations that require a high level of information security and efficiency.

FEATURES OF MPTCP TECHNOLOGY APPLICATION FOR LOAD BALANCING IN COMMUNICATION CHANNELS

*I. Nikora; K. Bohdanovska; Y. Osadchuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

MPTCP (Multipath TCP) technology allows you to effectively balance the load between different communication channels, increasing the bandwidth and stability of the connection, allows you to use multiple channels simultaneously, reducing the likelihood of data transmission failures, which is important for systems with high reliability requirements..

Using MPTCP ensures continuity of communication in conditions where one channel may be unstable or unavailable. The technology dynamically responds to changes in bandwidth, latency, and availability, making efficient use of network resources. MPTCP uses subflows to separate traffic and work with different communication paths. This allows you to distribute the load between the paths depending on their capacity. In addition, MPTCP provides connection control to manage and maintain connection health, and has mechanisms to detect packet loss and reconnect, which improves connection reliability and helps avoid data loss.

Based on the analysis, it can be concluded that the use of MPTCP in various scenarios, such as environmental monitoring, military operations, MPTCP allows the use of several communication channels simultaneously, distributing the load between them and ensuring reliable communication even in difficult conditions. However, before implementing MPTCP in a particular scenario, its benefits, limitations, and customization must be carefully considered to ensure optimal performance and connection security.

INCREASING THE EFFECTIVENESS OF FPV DRONE DETECTION IN THE ACOUSTIC RANGE

*V. Liutov; A. Krepko; V. Stadnik; I. Kurianinov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian-Ukrainian war indicates a significant increase in the role of FPV drones on the battlefield. In some cases, their effectiveness surpasses that of artillery and rocket systems, as they are considerably cheaper and more precise means of engaging infantry and military equipment, allowing for attacks on the enemy along complex trajectories, striking forces and assets both in cover and on the move. As a result, the task of developing new and improving existing methods and means of countering FPV drones becomes relevant.

The determination of coordinates or the direction of incoming FPV drones is addressed through localization or triangulation; however, such targets have a small effective scattering area, which complicates and, in some cases, makes detection impossible. The best methods for determining the direction of signals from FPV drones, in terms of ensuring reconnaissance security, are passive triangulation methods. Various segments of the electromagnetic spectrum are used for passive triangulation, with the acoustic range being one of the promising options. However, a significant drawback of triangulation in the acoustic range is the short distances and low azimuth and elevation resolution. Modern means of detecting FPV drones in the acoustic range provide detection ranges of up to 400 meters, depending on the conditions.

This report proposes to increase the detection range by using an antenna microphone array, processing signals with spectral over-separation methods (for example, Root-Min-Norm), and performing preliminary noise filtering of acoustic signals using singular spectral analysis, which is likely to improve the signal-to-noise ratio in the acoustic range from 8 dB to 10 dB. More accurate values are planned to be obtained during the experimental research.

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF COMPRESSION OF VIDEO INFORMATION FLOW FROM RECONNAISSANCE UASS IN REAL TIME SCALE IN CURRENT SITUATION

*I. Ageenko; V. Novichkov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Unmanned aerial systems (UASs) represent a rapidly evolving technological innovation within the Ukrainian army. As we strive to meet NATO quality standards, we actively integrate UASs into our military systems. These systems are widely utilized in military applications. For instance, in NATO forces, UASs are regularly employed as standard military assets.

One of the key features of modern UASs is their capability to transmit video information in real time. The continuous development of video information flow in UASs is driven by the rapid growth of computing power and artificial intelligence technologies. These advancements enhance the ability to analyze video data, facilitating the creation of systems for automatic event and object detection in video recordings.

In summary, video information flow in unmanned aerial vehicles unlocks new opportunities across multiple domains, significantly improving surveillance, reconnaissance, and monitoring capabilities.

Overall, the real-time transmission of video data in UASs represents a significant technological breakthrough with widespread applications across various sectors. This article explores the complexities of video capture, wireless transmission, and ground-based processing, emphasizing the critical role of real-time streaming in military operations, terrain reconnaissance, and search-and-rescue missions. Furthermore, it highlights the continuous evolution of this technology, driven by advancements in computing power and artificial intelligence, which promise even greater potential for automated video data analysis and utilization in the future. As UASs continue to shape modern technological landscapes, seamless video transmission and processing will remain a key driver of innovation and progress.

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO DETECT PATTERNS IN THE DECISION-MAKING PROCESS OF AVIATION UNITS COMMANDERS

*A. Voronin; Yu. Shevtsov; O. Ivanov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Prolonged combat duty can significantly affect the variability of decision-making due to the influence of combat stress factors. This leads to predictability in the decision-making process and increases the likelihood of the enemy uncovering operational plans.

A relevant task is the development of a tool for detecting patterns in the decision-making process of aviation commanders to prevent predictability and reduce the probability of operational plans being exposed.

Neural networks have proven effective in various applications, particularly in developing tools for decision analysis. During the research, a neural network architecture was designed to detect patterns in decision-making, based on a fully connected neural network with backpropagation, and it was trained on real data. After training on a dataset, the neural network achieved pattern detection accuracy of 77% on the test set, 81% on the validation set, and 92% for new data. The developed neural network is well-suited for analysing multidimensional data, including task conditions and decision options.

The trained neural network was implemented in specialized mathematical software that allows for assessing the templated nature of a decision being made. The assessment of templating is performed by comparing the neural network's "decision" with the actual decision made by a commander. For a given task with specific parameters, the neural network identified templated decision-making in 72% of cases provided by a group of aviation command experts.

WAYS TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF THE KNOWLEDGE ASSESSMENT PROCESS FOR FLIGHT CREW READINESS FOR FLIGHT EXECUTION

A. Voronin; Yu. Shevtsov; O. Ivanov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The work of tactical-level commanders during the knowledge assessment of flight personnel is based on their experience in flight operations and relies on a subjective evaluation of the minimum necessary level of knowledge required by subordinate flight personnel in preparation for flights.

Developing a standardized and justified approach to determining the minimally sufficient volume of knowledge for flight personnel, along with a methodology for creating a minimal set of knowledge assessment modules, will reduce the likelihood of allowing a pilot to fly whose knowledge level does not enable successful mission execution. It will also provide junior tactical commanders with confidence in the successful completion of their subordinates' training.

As part of the research, specialized mathematical software (SMS) was developed to automate the content generation of flight personnel knowledge assessment modules. Additionally, methodological recommendations for knowledge assessment using an expert-based approach were created. The probabilities of question issuance for different training groups were determined, including pilots with minimal flight experience, those with significant breaks in flight activity, and those conducting systematic and regular flights.

The core information for the SMS consists of assessment modules corresponding to different types of flight training as defined by combat training courses. These include piloting techniques, navigation, combat application (differentiated into air target attacks, ground target attacks, aerial reconnaissance), special cases, normal aircraft operation, and key concepts and definitions.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE RELIABILITY OF INFORMATION IN THE ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

*V. Novichkov; M. Kovalenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, especially during in Russian-Ukrainian war, the timeliness of the exchange of relevant information plays a key role in ensuring effective management of military units in the Armed Forces of Ukraine. The existing protection mechanisms still provide a sufficient level of data protection, but the continuous development of modern computing tools threaten traditional data protection mechanisms and force the search for new, more advanced methods.

One of the modern and promising technologies that can increase the reliability of information in SEDO net is blockchain technology, which is actively used in such critical industries as banking and online payments. The main characteristics of this technology are the immutability of records, the distributed nature of data storage and powerful cryptographic protection mechanisms. It makes this technology ideal for use in important control systems. The introduction of blockchain technology into the military document management system will reduce the risks of data falsification and ensure reliable storage of documents.

It was determined that the integration of cryptographic mechanisms and blockchain technology can significantly increase the level of data protection in the electronic document management system of the Armed Forces of Ukraine can be an important step in increasing the reliability and degree of data protection in such a system and the further development of digital and information technologies of Ukraine in military affairs.

ANALYSIS OF METHODS FOR IMPROVING THE RELIABILITY OF SPECIAL-PURPOSE AUTOMATION TOOLS COMPLEXES

*O. Kulabukhov; V. Rudenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring the reliability of special-purpose automation tools complexes (ATC) is a key task in their development, implementation, and operation.

The reliability of such systems determines the stability of their functions, including management, monitoring, data processing, and ensuring the safety of critical processes. With the constant complication of architecture and expansion of the functional capabilities of special-purpose ATC, the issue of enhancing their reliability is becoming increasingly relevant.

To achieve a high level of reliability in ATC, various methods are employed, such as redundancy techniques, improvement of design solutions, implementation of modern diagnostic and monitoring technologies, and the use of secure software algorithms.

An analysis of methods for improving the reliability of special-purpose ATC has shown that their effectiveness depends on using an integrated approach encompassing technical, software, and organizational aspects. Ensuring reliability is critically important, as the stability of such systems directly impacts their key functions, including management, monitoring, and data processing.

One of the key tools for enhancing reliability is the use of statistical analysis methods, which allow for system performance evaluation, failure analysis, and functional parameter determination.

The results of the research indicate that mean time between failures is one of the key indicators of reliability used to assess the overall system condition and its ability to perform assigned functions. Through comprehensive analysis of reliability improvement methods, well-founded strategies can be developed to minimize failure risks and ensure the stable operation of special-purpose ATC.

DEVELOPMENT OF A TELEMETRY SYSTEM FOR ADMINISTRATION OF CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE CAT DURING OPERATION

*V. Novichkov; P. Shcherbakova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern automated control systems used in military affairs are created on the basis of software and hardware complexes. This approach provides numerous advantages in terms of versatility, ease of maintenance, modification of the complex, but also has certain limitations. For example, the breakdown of the computing platform, of the Complex of Automation Tools (CAT) was created, causes the ghost to become completely inoperable. Hardware and software parts of the CAT differ significantly in their reliability and the hardware component is vulnerable to external factors of the environment.

The software part of the CAT is stable and reliable if hardware platform works properly. The hardware part, from the moment of operation, gradually decreases own characteristics up to complete malfunction. As a rule, gradual negative changes in the state of the components of the computer system hard to detect until it break down. It is even more difficult to control the state of remote computing facilities, with which maintenance personnel work sporadically. To control such CATs, it is proposed to use a telemetry system that will monitor the critical parameters of the hardware part of computing system and transmit data on its technical condition at a distance.

The relevance of the development and implementation of telemetry systems is due to the need for timely detection and prevention of problems in the technical condition of the CAT and other automation. These systems provide real-time monitoring and data collection, which allows you to effectively control key indicators of equipment performance and thus prevent sudden cancellations of CAT during combat work, so it is an important measure to ensure stable and trouble-free operation of remote equipment.

STRATEGIC IMPACT OF AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGIES IN THE 44-DAY PATRIOTIC WAR

*S. Alakbarova
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This article analyzes the role and strategic importance of modern automatic control systems utilized by the Armed Forces of Azerbaijan during the "Iron Fist" operation in the Second Karabakh War. Technological advancements globally have

transformed the nature of modern warfare, shifting from broad-front confrontations to localized, precision-based operations. In this context, Azerbaijan's Armed Forces effectively employed cutting-edge automatic control technologies – particularly Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), missile systems, and real-time data processing tools – to enhance operational efficiency and gain decisive tactical and strategic advantages.

The analysis highlights how automatic detection, target neutralization, and autonomous mission execution significantly minimized personnel losses, disrupted enemy communications, and accelerated the decision-making cycle. The integration of these technologies enabled swift battlefield dominance, ultimately contributing to the rapid and successful outcome of the 44-day Patriotic War. The study further emphasizes that the "Iron Fist" operation exemplifies the use of next-generation warfare elements and is now recognized in global military discourse as a notable example of technologically advanced conflict.

Through this case study, the article underscores the transformative impact of automation and digital command systems in modern armed conflicts, particularly within the framework of national defense modernization and intelligent warfare.

References

1. Piriye H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War : military-political and military-technical aspects // – Baku : Proceedings of Heydar Aliyev Military Institute, – 2023. No. 1 (40). – p. 7-16.
2. Huseynov B.S., Hashimov E.G. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War // Problems of informatization. Proceedings of 11 International Scientific and Technical Conference. – 2023. – T. 3. – C. 16-17.
3. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition // Proc. of V International Scientific Technical conference "Modern development directions of data communication technology and control means". – 2015. – C.23-24.
4. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.
5. Huseynov B.S. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War // Problems of informatization. Proceedings of 11 International Scientific and Technical Conference. – 2023. – T. 3. – C. 16-17.
6. Hashimov E.G., Huseynov B.S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs // Baku : National Security and military knowledges. – 2021. – № 3. – C. 7.
7. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.

DIGITAL TRANSFORMATION IN MILITARY ENGINEERING: PEDAGOGICAL APPLICATIONS OF IT

A. Dadashov

Heydar Aliyev Military Institute (Baku, Azerbaijan)

The place of information technologies (IT) in the didactic design of military engineering training is one of the most important requirements. The wide capabilities of IT in modern education increase the interactivity of training processes, develop students' practical knowledge and skills, and create personalized learning opportunities [1]. The impact of the application of various computer-based learning environments, online learning platforms, and multimedia resources on the

improvement of engineering training was studied as a result of the research. Based on the received expert opinions and survey results, recommendations were given for the effective use of IT in the educational process. In a number of examples, modern military engineering training programs are transformed in parallel with the development of technology [2]. The integration of IT into the educational process in military institutions requires the application of new approaches in the field of engineering education [3]. In particular, the purposeful application of computer-based learning environments and interactive multimedia resources in the didactic process allows increasing the effectiveness of military engineering training programs [4-5]. In this article, the pedagogical capabilities of IT and their use in the didactic design of military engineering education programs are investigated based on the following methods: Comparative analysis; surveys and interviews; practical experiments.

The integration of IT into didactic design in military engineering training creates the following opportunities:

1. Computer-based learning environments: Interactive acquisition and application of engineering knowledge.
2. E-learning /online learning platforms: Organization of effective distance learning of engineering disciplines.
3. Interactive multimedia materials: Improving engineering training through video lessons, animations and interactive programs.
4. Electronic laboratories: Expanding flexible and distance learning opportunities.

In conclusion, the results of the study show that the application of ICT helps to increase the knowledge and skills of students in military engineering training. In particular, the use of personalized teaching approaches and multimedia technologies improves the quality of training. The following recommendations are put forward:

1. Expansion of computer-based learning resources.
2. Application of online learning platforms in military institutions.
3. Development of interactive and multimedia-based learning methods.
4. Expansion of individual and adaptive learning models.

References

1. Agayev S.O., Talibov A.M., Hashimov E.G. Modern pedagogical technologies in military education. Textbook. Part I. // – Baku : Military Publishing House, 2016, 152 p.
2. Piriye H.K., Hashimov E.G., Talibov A.M. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // Military knowledge, 2014, No. 4, p. 3-9.
3. Dadashov A.S. Integration of new technologies into the teaching methods of engineering education in military institutions // Modern directions of development of information and communication technologies and management tools. 14th International Scientific and Technical Conference, Vol. 2: section 3-6. – Kharkiv, 2024. P. 92-93 Loureiro, N.A.R.S., dos Santos, L.A.B. (2020). Use of Information and Communication Technologies in the Classroom: An Exploratory Study in Professional Military Education. In: Rocha, Á., Pereira, R. (eds) Developments and Advances in Defense and Security. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 152. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9155-2_36.
4. Piriye H.K., Hashimov E.G., Hasanov A.H. Provide interactive training methods. Methodological materials // – Baku : Military publishing house, 2016, 33 p.
5. Piriye H.K., Hamidov M.P., Hashimov E.G. Training methods in military education. Methodological materials // – Baku : Military publishing house, 2017, 52 p.

TRANSFORMING TEACHING AND LEARNING THROUGH INFORMATION TECHNOLOGIES

E. Hajiyeva

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

In recent years, information technologies (IT) have significantly transformed the landscape of teaching and learning, introducing innovative methods that enhance educational quality, accessibility, and engagement. This article explores the multifaceted benefits of IT integration in education, highlighting key areas such as personalized learning, interactivity, and flexible access to resources. AI-powered platforms support individualized learning paths by identifying students' strengths and weaknesses, enabling tailored instruction and progress tracking.

The implementation of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies further enriches the learning experience by making abstract concepts visual and interactive. Online collaboration tools and digital platforms foster student engagement and skill development through project-based and cooperative learning. Moreover, IT eliminates traditional barriers of time and space, offering students – particularly those in remote areas – opportunities to learn at their convenience via online courses and blended models.

Students benefit from immediate access to global knowledge bases, including research databases, video lessons, and educational games, while teachers enhance their instructional methods with digital tools. Although IT provides dynamic and effective teaching opportunities, challenges such as infrastructure limitations, teacher training, and cybersecurity must be addressed to ensure sustainable and secure educational transformation.

References

1. Piriye H.K. et al. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // *Military knowledge*, 2014, No. 4, p. 3-9.
2. Agayev S.O. et al. *Modern pedagogical technologies in military education. Textbook. Part I.* // – Baku : Military Publishing House, 2016, 152 p.
3. Piriye H.K. et al. Provide interactive training methods. *Methodological materials* // – Baku : Military publishing house, 2016, 33 p.
4. Piriye H.K. et al. Training methods in military education. *Methodological materials* // – Baku : Military publishing house, 2017, 52 p.

SOFTWARE FOR THE RADON EMISSION CONTROL

*A. Bayramov, ScD, prof.; A. Keramova; X. Yusifova; S. Mammadzada
Republican Seismic Survey Center (Baku, Azerbaijan)*

When tectonic blocks interlock, lithospheric electromagnetic fields in the compression area will be suppressed, and intensified in the stretching area [1-3]. In addition to earthquakes, there are also hidden dangers, the so-called "slow catastrophes". Radioactive radon is dangerous, first of all, for humans, the study of the dynamics of radon emission depending on geodynamic factors is very relevant. In Azerbaijan, radon is the most common hazard in cities and rural areas. It is this type of danger that causes the most human deaths and the greatest material damage [4-6]. The purpose of the report is: 1) to investigate of radon emission by geochemical technology in the special stations on the territory of the Azerbaijan

Republic; 2) to develop and create a software for the radon emission control in order to assess the risk of seismicity in the region and to transmit measured data on-line mode to a central post using GSM communication. As a result of the pilot studies, a map of radon emission on the territory of the Azerbaijan Republic will be create. A software for carrying out analysis at the central post will be developed and created.

References

1. Hashimov, E.G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G. Hashimov, A.A. Bayramov / – Baku : National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.

2. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // Journal of Military and Information Science. – 2016. – Т. 4. – № 2. – p. 61-66.

3. Hashimov E.G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

4. Ghosh D., Deb A., Sengupta R., 2009. Anomalous Radon Emission as Precursor of Earthquake. Journal of Applied Geophysics 69 (2), 67-81. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2009.06.001>.

AI-DRIVEN DETECTION AND NEUTRALIZATION OF UAVS IN CONTEMPORARY CONFLICTS

R. Maharramov¹; E. Sabziev^{1,2}, ScD; A. Pashayev^{1,2}, Ph.D.

¹National Defense University (Baku, Azerbaijan);

²Institute of Control Systems (Baku, Azerbaijan)

The proliferation of unmanned aerial vehicles (UAVs) in modern warfare has significantly altered the dynamics of military operations. Recent conflicts – including the Second Karabakh War, the 2023 localized anti-terror operations, the ongoing Russia-Ukraine war, and unrest in the Middle East – have demonstrated the strategic value of UAVs in surveillance, combat, and disruption missions. The increasing diversity in UAV size, function, design, and autonomy poses complex challenges for conventional air defense (AD) systems, particularly in detecting small, low-flying drones equipped with stealth technologies. In response, the integration of artificial intelligence (AI) into air defense architectures has gained critical importance. AI-powered detection and object recognition systems enable the analysis of radar and optical data with high precision, while signal processing algorithms identify UAV communication signatures in real time. Furthermore, AI facilitates automated classification, threat assessment, and deployment of countermeasures, including targeting and interception. These intelligent systems drastically improve response time, accuracy, and decision-making capabilities in counter-UAV operations. This paper argues that AI not only enhances the effectiveness of current AD systems but also marks a transformative shift in how military forces approach aerial threats. As AI technologies continue to evolve, they are expected to redefine defense strategies and ensure greater resilience against the evolving landscape of unmanned warfare.

References

1. Hashimov E.G., Maharramov R.R. Taking control of dead zone of radiolocation station by the automatic acting electro-optic system // Defence Science Journal. – 2025, vol. 75, No. 1. – pp. 84-89, DOI:10.14429/dsj.19950.

2. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.

3. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9 міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. – Черкаси – Харків-Бакун – Бельсько-Бяла, 18-19 листопада, 2021, – с. 118-119.

4. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 21-31.

5. Hashimov E.G., Bayramov A.A. The flight dynamics of drones // National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 11-16.

6. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // Modeling, Control and Information Technologies : Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – № 6. – С. 54-56.

7. Bayramov A.A. Development of UAV SoS flight combat reconnaissance mission program // Advanced Information Systems, 2019, vol 3, №1, p.p.152-156. DOI: 10.20998/2522-9052.2019.1.25.

STUDY OF SEISMIC PROCESSES USING AI TECHNOLOGY

*S. Suleymanov, Ph.D.; A. Bayramov, ScD, prof.; F. Abdullayev, ScD, prof.
Republican Seismic Survey Center (Baku, Azerbaijan)*

It is known that in the pre-earthquake stage, large rheological changes occur in a certain volume of the geological environment: geophysical anomalous volume zones of various nature are formed, cracks open in the zones of increased shear and tensile stress. The development of the pre-earthquake destruction process can affect the change in the recorded geophysical anomalies, anomalous variations in the Earth's magnetic field, gravity, and radon exhalation dynamics [1-4]. For more effective analysis of the results of regular monitoring of changes in the Earth's magnetic field and the propagation of seismic waves, it is necessary to create an automated magnetometer, as well as a mathematical and hardware-software complex using artificial intelligence-based neural networks, Fourier analysis, wavelet transforms, etc. methods for processing the received seismic spectra [5-7].

The purpose of the report is to present the results of the creation of a new generation automated magnetometer complex; regular observation of seismic waves in a selected area; assessment of the current situation in the depths of the earth and on the surface based on information (spectral data) received from seismological devices, analysis of the dynamics of spectral data for separate periods.

References

1. Hashimov E.G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

2. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // National Security and Military Sciences. 2015. vol. 1. № 1. С. 128-132.

3. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition // Proc. of Vth International Scientific Technical conference "Modern development directions of data communication technology and control means". 2015. p. 23-24.

4. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9 міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. – Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла, 18-19 листопада, – 2021, – с. 118-119.

5. Sundhararajan M., Gao X., Nejad H. Artificial intelligent techniques and its applications. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems 34 (2018), pp. 755-760.

6. Bajaj, S., Bopardikar, S., Moll, A., Torng, E., Casbeer., D. : Perimeter Defense using a Turret with Finite Range and Service Times. arXiv:2302.02186v1 [eess.SY] 4 Feb 2023.

7. Guerrero-Bonilla, L., Nieto-Granda, C., Egerstedt, M. : Robust Perimeter Defense using Control Barrier Functions. In 2021 International Symposium on Multi-Robot and Multi-Agent Systems (MRS). IEEE, pp. 164-172. (2021).

8. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Investigation of the observation conditions on the terrain of war operation using GIS technology // Сучасні інформаційні системи. – 2017. – № 1. – С. 65-69.

TRANSFORMING EDUCATION THROUGH INFORMATION TECHNOLOGY

*H. Piriye, Ph.D., prof.; Y. Aliyeva
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The article examines the transformative role of IT in modern educational systems, with a focus on how it reshapes teaching and learning practices. It explores the integration of Learning Management Systems, multimedia tools, gamified platforms, and online resources to enhance personalized and interactive learning. The study highlights how IT tools engage students more effectively, particularly digital-native Generation Z learners, by promoting active participation and collaboration in the classroom.

Another key issue addressed is the role of IT in reducing educational disparities. The article analyzes how digital platforms can offer broader access to quality education, especially in underserved and marginalized communities, while also recognizing the infrastructure and digital literacy challenges that must be overcome. Special attention is given to the educational disruptions caused by the COVID-19 pandemic, emphasizing the importance of remote learning technologies in maintaining continuity.

Moreover, the article discusses barriers to effective IT adoption, including unequal access to technology and insufficient training among educators. It also outlines emerging trends such as artificial intelligence, machine learning, and hybrid (blended) learning environments as future pathways for innovation. Overall, the article emphasizes the need for inclusive, context-sensitive strategies to ensure equitable and sustainable integration of IT in education.

References

1. Piriye H.K., Hashimov E.G., Talibov A.M. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // Military knowledge, 2014, No. 4, p. 3-9.

2. Agayev S.O., Talibov A.M., Hashimov E.G. Modern pedagogical technologies in military education. Textbook. Part I. // – Baku: Military Publishing House, 2016, 152 p.

3. Piriyeв H.K., Hashimov E.G., Hasanov A.H. Provide interactive training methods. Methodological materials // – Baku : Military publishing house, 2016, 33 p.

4. Piriyeв H.K., Hamidov M.P., Hashimov E.G. Training methods in military education. Methodological materials // – Baku : Military publishing house, 2017, 52 p.

SPECTRAL AND DIRECTIONAL TECHNIQUES IN PASSIVE OBJECT DETECTION SYSTEMS

*H. Piriyeв, Ph.D., prof.; E. Dashpoladov
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This article explores the use of modern geophysical monitoring technologies for the detection and tracking of moving objects through acoustic and seismic methods. It focuses on how sound waves and ground vibrations are analyzed to remotely monitor activities such as vehicle movement, pedestrian traffic, and industrial operations. Key techniques examined include spectral-time analysis, which helps differentiate signal sources; spectral-polarization processing, which enhances directional accuracy; and bearing determination, which allows for the localization of objects based on wave propagation characteristics.

The article addresses the effectiveness of these techniques in complex terrains, including urban and remote areas, with reported detection accuracies ranging from 85% to 95% based on field experiments. It also highlights the significance of passive operation, which enables covert surveillance without the need for active signal emission.

Applications discussed include military and security monitoring, automated industrial control, and environmental surveillance. The study emphasizes how the integration of various acoustic-seismic methods enables real-time object tracking and accurate identification, offering a reliable alternative for scenarios where traditional monitoring systems may be limited or ineffective.

References

1. Piriyeв H.K. Modelling of the battle operations. Monograph // H.K. Piriyeв, E.G. Hashimov, A.A. Bayramov / – Baku : Herbi Nashriat. – 2017. – 256 p.

2. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.

3. Bayramov A.A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // Geography and nature sources. – 2016. – p. 124-126.

4. Hashimov E.G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G. Hashimov, A.A. Bayramov / – Baku : National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 128-132.

5. Hashimov E.G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

6. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // Journal of Management and Information Science, 2016, Vol.4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisci.8236513-cw>.

THE ROLE OF AUTOMATED SYSTEMS IN MANAGING RADIOLOGICAL AND CHEMICAL RISKS

R. Akhundov, Ph.D.

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

The integration of automated systems for monitoring and managing radiological and chemical risks is crucial for enhancing operational efficiency and ensuring troop safety in military settings. This study examines the role of advanced automated technologies in detecting, assessing, and mitigating chemical and radiological threats in real-time. The research focuses on the application of sensor networks, artificial intelligence, and data analytics to improve decision-making processes and reduce human error in risk management. Key elements include the use of unmanned systems, remote sensing technologies, and automated alert systems for continuous monitoring of potential hazards. The paper also explores the challenges related to system integration, data accuracy, and system resilience in dynamic combat environments. The findings highlight the potential of automated systems to provide timely and accurate information, enabling military units to respond effectively to chemical and radiological threats. The paper concludes with recommendations for enhancing the adoption of automated systems in military risk management frameworks and improving the overall safety and readiness of military forces.

This abstract introduces the role of automation and focuses specifically on technological advancements in risk control, without repeating prior themes.

References

1. Axundov R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərb sənətinin aktual problemləri beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı : MMU. – 2023. – C. 137-138.
2. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // Journal of Radiation Researches. – 2020. – T. 7. – № 1. – C. 27-34.
3. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2022. – № 3. – C. 8.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // Ecological and environmental chemistry. – 2017. – C. 141-141.
5. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan. – 2017. – C. 113-114.

RESEARCH OF WAYS TO AUTOMATE THE DECISION-MAKING PROCESS ON THE APPLICATION OF UAV

S. Balakireva¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Karlenko²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Command of the United Forces of the Armed Forces of Ukraine

The war experience has shown that UAVs are one of the most popular vehicles on the frontline. The choice of UAV depends on many factors, including:

weather conditions (wind strength and direction, humidity, presence and nature of precipitation)

flight mission (reconnaissance, correction, situational awareness, airborne weapons);

enemy influence on the UAV (radio and electronic reconnaissance, electronic suppression, firepower);

the nature of the enemy's actions (assault, defence, marching);

the available UAV fleet (aircraft-type UAVs, multicopters, photographic aircraft, etc.).

Currently, the decision to use UAVs is based on the experience of the decision maker. To minimise the influence of the human factor and reduce the time required to plan the combat use of UAVs, it is proposed to automate the provision of options for the decision-making process on the use of UAVs. Automation involves the creation of special software that offers no more than two options for using the UAV to perform a specific (combat) task by the UAV crew.

Thus, reducing the planning time for organising the use of UAVs will accelerate the performance of tasks in combat conditions.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR SPECIALIZED SOFTWARE FOR ANALYZING AND PROCESSING COMBAT EXPERIENCE

O. Sychov¹, Candidate of Technical Sciences;

Y. Drob², Candidate of Technical Sciences; P. Malko¹; M. Korotkov¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Central Department of Military Education and Science of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine

The experience of the Russian-Ukrainian war has shown the need for rapid adaptation of the Armed Forces of Ukraine to new challenges. The importance of taking into account modern combat experience in the performance of official duties is indicated both by the regulatory documents of the command of the Armed Forces of Ukraine and by the regulatory documents of our allies. Over the years of the war, a large amount of information has been accumulated, which requires analysis and formalization. Unfortunately, most of this information is confidential information (CI), which significantly reduces the number of people who can handle it, which in turn slows down the analysis and processing of such information. One of the rational approaches that will make it easier and faster to process such information, without reducing the level of its protection, is the development of software for special purposes (SSP) that locally uses large language models (LLM) such as LLaMA, GPT4All, RoBERTa and others. Since such LLMs are already trained and can be used in an isolated environment, this ensures compliance with the requirements for processing CI. The development and testing of such software can be done on open sources data, so the use of this approach does not require an increase the number of people who have access to CI. The search and analysis of information from the document database can be done according to the access level of the user. The use of LLM in software allows you to make requests in natural language style, which significantly simplifies working with documents. As a document search and analysis system, you can also use the capabilities of GPT4All, which run in chat mode.

The creation SSP based on available LLMs is an optimal and promising direction that will allow, to speed up the analysis and processing of large arrays of documents related to combat experience, without reducing the level of protection of this information.

THE ESSENCE AND ASPECTS OF SYNTHESIZING THE LOGICAL STRUCTURE OF A SPATIAL DATABASE

S. Osieivskiy¹, Candidate of Technical Science, Associate Professor;

Y. Lysenko¹; O. Noskov²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*²Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and
Informational Technology*

The synthesis of the optimal logical structure of a spatial database (SDB) is considered as a process of searching for such a mapping of the canonical structure of a spatial database into a logical one that provides the optimal value of a given criterion for the efficiency of special-purpose information systems and satisfies the main system, network, and structural constraints. When mapping the canonical structure of a DBMS to a logical one, data groups are combined into appropriate types of logical records with simultaneous distribution of them and local metadata bases (LMB) of the repository to the nodes of automated workstations.

The complexity of solving synthesis tasks is determined by their high labor intensity, which is primarily due to the need to take into account a significant number of parameters and characteristics of information stored in the repository's DB and LMD, queries and transactions.

The results obtained at the stage of synthesizing the optimal logical structure of the DBMS are key to the design of the physical structure of the repository's DBMS, as well as the logical structures of local and network databases, efficient network protocols that prevent interlocking and deadlocks at the stage of operation of special-purpose information systems.

APPROACH TO CREATING AND DESIGNING A MULTISERVICE NETWORK WITH DISTRIBUTED DATA PROCESSING

I. Zakharchenko¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Oleshchuk¹; V. Novak²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*²State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

Multi-service networks provide simultaneous transmission of voice, video and data traffic, using a modular architecture for flexibility, scalability and resilience. They include distributed servers, multi-protocol and dynamic routing, which optimizes resources, and the transport infrastructure includes optical trunks, wireless channels and satellite systems. In the military, such networks are used for command and control of units, coordination of actions and transmission of operational information.

Data transmission in such networks is based on packet switching (IP/MPLS) with QoS mechanisms for traffic prioritization, which is critical for military applications. Security is provided by encryption, VPN and redundancy, which makes the network resistant to attacks. The use of modern communication standards (TETRA, 4G/5G) improves the speed, reliability and stability of communication in combat conditions.

Synchronization of time parameters and information components is key for the stable operation of multi-service networks. The use of Precision Time

Protocol (PTP), GPS reference clocks and Network Time Protocol (NTP) ensures the accuracy of data exchange. In military conditions, backup systems are additionally used, in particular atomic clocks and self-correction mechanisms. To maintain the consistency of information flows, time correction algorithms, data redundancy and artificial intelligence are used to monitor the state of the network. The combination of these technologies allows for effective, uninterrupted and secure communication, which is critical for military operations.

IMPROVING SITUATIONAL AWARENESS CARRYING OUT MEASURES THROUGH CREATION AND USE OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS

*O. Nos¹, Candidate of Technical Sciences; M. Petrachkov²;
S. Ratskevich²; S. Sandulenko³*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A0215;

³Military unit A1547

During conducting training and testing activities at test range and temporary sites, there is a need to improve the quality of testing and safety of activities, which is possible through the use of a specialized information and telecommunications system. The creation of the specified system involves the following stages: setting tasks, specifying the conditions for their implementation, deploying and testing equipment, providing activities, working out reporting materials, and, if necessary, folding the system.

Among the features, it should be noted large danger zones during testing, the location of test range in hard-to-reach sparsely populated areas, where there is a difficulty in installing stationary observation (measurement) equipment and searching for samples being tested, working over the sea surface with the need to use measuring equipment at long distances.

The restrictions caused by the armed aggression of the Russian Federation, as well as the organizational and technical features of the events, were considered.

The report considers the features of creating relevant information and telecommunications systems and their use.

METHOD FOR IMPROVING SENSOR DATA ANALYSIS IN IOTA ECOSYSTEM APPLICATIONS

*Y. Afanasiev¹; A. Puzhai-Chereda², Candidate of Economic Sciences;
M. Hladyshch³*

¹Kharkiv National University of Radio Electronics;

²Central Interregional Department of the State Tax Service of Ukraine;

³Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The development and implementation of information and communication technologies in various spheres of life have led to the transformation of complex organisational and technical systems (COTS) into the "Internet of Things ecosystem" (EIoT).

The study of natural ecosystems is one of the examples of the implementation of EIoT, due to the need to assess the anthropogenic impact on the ecology of regions. Such systems are characterised by large amounts of data, which must be processed in real time. This requirement requires the development and implementation of methods and models of EIoT intellectualisation. Research on regional ecosystems requires integrated processing of monitoring system data. The direction of development of the environmental monitoring system based on the development of a method for analysing data in the components of EIoT, which uses elements of intellectualisation, is proposed. The architecture of EIoT at the sensor level, network level and application level is investigated. Approaches to the intellectualisation of these levels are shown. The peculiarities are the variable nature of the spatial and temporal indicators of monitoring data, conditions and tasks that must be taken into account when performing measures to predict and respond to changes in the ecological state of regions.

The proposed method of EIoT intellectualisation can be used to improve the efficiency of the decision support system in the concept of ensuring the functioning of the city (region) ecosystem.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

*О.В. Лемешко, д.т.н., проф.; В.О. Куренко
Харківський національний університет радіоелектроніки*

Наразі комунікаційна інфраструктура досить часто стає об'єктом кібератак. Оновлення програмного забезпечення комунікаційного обладнання задля усунення виявлених вразливостей може локально та тимчасово підвищити рівень його захищеності. Однак більш системним підходом є забезпечення проєктування комунікаційної мережі з врахуванням не тільки вимог щодо рівня продуктивності, надійності та відмовостійкості, але й до рівня інформаційної (мережної) безпеки.

Рівень інформаційної безпеки може оцінюватися з використанням різних підходів та показників. Широко відомою є система оцінки вразливостей (Common Vulnerability Scoring System, CVSS), яка розраховує оцінку критичності вразливості, спираючись на її характеристики. Базова група метрик дозволяє оцінити, які можуть бути наслідки експлуатації вразливості та наскільки складно її використати. Існують також й інші подібні системи, які мають схожу структуру, але відрізняються деякими метриками, що пов'язано зі специфікою об'єктів, яким дається оцінка. Такі системи мають чітко визначені параметри і шкали, що дозволяє зменшити суб'єктивність оцінки та сприяє стандартизованому і гнучкому оцінюванню в різних середовищах і умовах експлуатації.

Перспективні методи проєктування кіберстійких комунікаційних мереж повинні враховувати та виконувати вимоги щодо рівня інформаційної безпеки. Ця характеристика залежить від цілого ряду чинників, тому при оцінюванні варто використовувати стандартизовані підходи та показники, такі як CVSS чи подібні до нього.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ІЄРАРХІЧНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ

А.О. Сергієнко

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

Побудова ефективної автоматизованої системи управління військами є пріоритетним завданням оборонної реформи. На цей час стан системи управління військами (силами) є незадовільним унаслідок недосконалості методичного апарату щодо дослідження процесів управління військами. Запропонований методичний апарат у своїй основі не містить єдиної математичної моделі процесу автоматизованого управління військами, через що не забезпечується дотримання єдиної ідеології обґрунтування вимог до системи управління військами і виникає можливість отримати лише їх суб'єктивно визначений перелік та орієнтовні розрахункові значення.

Результати аналізу свідчать про можливість використання для формування імітаційної моделі ієрархічної автоматизованої системи управління військами математичних методів: комплексного методу багатопараметричної ідентифікації характеристик складних систем; методу пошуку оптимальних рішень з використанням засобів теорії графів; імітаційного моделювання.

Імітаційна модель дозволяє дослідити вплив рівнів автоматизованого управління військами на перебіг основних заходів управління військами. Забезпечення єдиної ідеології модель має аналітичну та імітаційну основу розвитку теорії щодо обґрунтування вимог до системи управління військами, що є перспективним напрямом подальших досліджень.

ДО ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ В РАЙОНАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

М.М. Сендецький¹; С.І. Сацук¹; В.Г. Сайко²; В.О. Комаров²

¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України;

²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

Одним з основних параметрів, що впливають на безпеку та безперебійність руху потягів, що здійснюють логістику для Сил оборони України в зоні бойових дій, є стан геометрії рейкової колії, стан верхньої будови колії та контактного проводу. Їх несправності призводять як до обмеження швидкостей, так і до повного закриття шляху руху потягів. Тому, перед працівниками структурних підрозділів залізничної галузі стоїть важливе завдання щодо своєчасного визначення та усунення несправностей елементів рейкової колії, опор та контактного проводу. А це можливо зробити лише із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА), оснащених відповідною системою візуального контролю, які, у порівнянні зі штатними залізничними пристроями діагностування, мають набагато менші розміри і швидкість руху не менше 100 км/год. Для зменшення часу діагностування пропонується діагностування найбільш важливих елементів залізничної інфраструктури (31) – рейок залізничної колії та контактного проводу, здійснювати шляхом візуального контролю за допомогою відеокамер, розміщених на борту БПЛА (направлених вгору та вниз) при прольоті БПЛА,

відповідно, над та під ними. Таким чином, використання БпЛА для моніторингу стану елементів ЗІ забезпечить можливість оперативної та потайно й за мінімальний час проводити обстеження різних типів елементів ЗІ в зоні бойових дій на предмет визначення дефектів для подальшого їх усунення.

ОСНОВИ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЧИННИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ СТАНУ ЦИВІЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА В ІНТЕРЕСАХ ЦИВІЛЬНО-ВІЙСЬКОВОГО СПІВРОБІТНИЦТВА ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*Ю.Б. Прибілев, д.т.н., проф.; С.В. Базарний, д.філос.; О.М. Гришук
Національний університет оборони України;*

У тезах обґрунтовано основні положення методики оцінювання впливу чинників інформаційної складової на цивільне середовище, що є ключовим аспектом підвищення ефективності виконання завдань підрозділами цивільно-військового співробітництва (далі ЦВС) Збройних Сил (ЗС) України в умовах сучасних інформаційних загроз. У доповіді запропонована класифікація інформаційних впливів, як: інформаційний шум, виклик та загроза, що в подальшому дозволяє їх аналізувати та застосовувати для підтримки прийняття рішень.

В умовах російсько-української війни ворог активно використовує інформаційне середовище для поширення деструктивного інформаційно-психологічного впливу (ІПсВ) на цільові аудиторії Сил оборони України. Окрім того, наявність певних інформаційних чинників (далі ІЧ) сприятиме реалізації ІПсВ, що зокрема впливатиме на хід проведення операцій, як позитивно, так і негативно, що, обумовлює, підвищення потреби у комплексному їх аналізі. Тому на сьогоднішній день постає необхідність в обґрунтуванні чинників, які впливають на виконання завдань за призначенням підрозділами Сил оборони України в умовах ІПсВ противника. Це дозволить підвищити ефективність управління підрозділами Силам оборони України та сприятиме набуттю спроможностей ЦВС ЗС України.

Ведення ІПсВ з боку противника супроводжується поширенням пропаганди та дезінформації через медіа і соціальні мережі, що створює серйозні виклики для виконання завдань за призначенням підрозділами Сил оборони України. Дезінформаційні матеріали противника потребують застосування ефективних заходів протидії негативному ІПсВ, що обґрунтовані результатами оцінки інформаційної складової цивільного середовища. Однак у чинних керівних документах відсутні методики оцінювання інформаційної складової цивільного середовища, що ускладнює процеси управління інформаційними ризиками та протидії деструктивним інформаційним впливам противника.

Запропонована методика оцінювання впливу інформаційних чинників із застосуванням PMESII та SCAME аналізу дозволяє ідентифікувати інформаційні загрози, оцінювати їх вплив на обстановку, що склалася та розробити адаптивні механізми реагування, що сприяють підвищенню ефективності заходів цивільно-військового співробітництва. В результаті проведеного дослідження визначені інформаційні чинники, які впливають на виконання завдань за призначенням підрозділів ЦВС в умовах інформаційно-психологічного впливу противника та обґрунтовані показники і критерії

оцінювання інформаційної складової цивільного середовища в інтересах цивільно-військового співробітництва.

Запропонована методика оцінювання впливу ІЧ також дозволяє створити інтегровану систему аналізу, яка є основою для ухвалення ефективних рішень у сфері ЦВС. Використання багатовимірного підходу, який базується на моделях PMESII та SCAME, забезпечує структурований аналіз інформаційного середовища, що дозволяє інтегрувати дані з різних джерел для комплексного оцінювання обстановки та ідентифікувати інформаційний вплив, як загрози, інформаційний шум, виклики.

Результати дослідження дозволяють забезпечити якісне оцінювання інформаційного середовища, ідентифікувати загрози, які впливають на ефективність проведення операцій та підвищити ефективність виконання завдань підрозділами ЦВС в умовах сучасних інформаційних загроз.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ОРГАНІВ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ

*І.С. Катеринчук, д.т.н., проф.; А.І. Чуканов; О.В. Сітайло; Д.О. Черноусов
Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького*

Застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для моніторингу державного кордону є одним із ключових напрямків забезпечення національної безпеки. Проте ефективність їх використання залежить від низки технічних та організаційних чинників. Основними викликами є обмежена дальність польоту, потреба у високій якості отримуваних даних, загроза виявлення та знешкодження противником, а також інтеграція отриманої інформації у загальну систему контролю кордону.

Метою роботи є розробка методики оптимізації маршрутів польоту БПЛА для моніторингу державного кордону. Авторами запропоновано методику оцінювання ефективності БПЛА, яка ґрунтується на комплексному аналізі ключових параметрів: висоти польоту, дальності, тривалості польоту, роздільної здатності оптичних систем та ймовірності виявлення об'єктів. Запропоновано алгоритм вибору оптимального маршруту польоту з урахуванням зон ризику, таких як відомі мініні поля, засоби ППО противника, перешкоди в радіочастотному спектрі тощо.

Запропонована методика може бути інтегрована у програмне забезпечення для автоматизованого планування польотів БПЛА.

Оптимізація маршрутів польоту БПЛА дозволяє мінімізувати ризики втрати апаратів, підвищити точність зібраних даних та забезпечити оперативне виявлення загроз. Використання запропонованих підходів сприятиме ефективнішій інтеграції БПЛА у систему охорони державного кордону. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення алгоритмів оптимізації польотів із використанням штучного інтелекту та розширення функціональних можливостей безпілотних комплексів для роботи в складних умовах.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЛОГІСТИЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПІДРОЗДІЛІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

О.О. Лаврут, д.т.н., проф.; Є.В. Шинкар;

С.М. Богущкий, к.т.н., с.н.с.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Розробка сучасних методів підвищення ефективності організації забезпечення матеріально-технічними засобами у Збройних Сил України становить практичний інтерес для економії виділених матеріальних ресурсів (пальне, моторесурс, кошти, час на виконання завдання тощо).

Інформаційні технології в логістичному забезпеченні розглядаються, як автоматизовані системи управління логістичними процесами, які в свою чергу складаються з апаратного забезпечення, спеціального програмного забезпечення, кодифікації матеріальних засобів та інтерфейсу користувача.

З 2019 року ЗС України включені до переліку держав, які використовують спеціалізоване програмне забезпечення LOGFAS. Проте програма здійснює тільки облік майна. Проте для користування даними програмами потрібно проходити певні види навчань, розгортання спеціалізованого автоматизованого робочого місця тощо.

В доповіді пропонується підвищення ефективності логістичного забезпечення підрозділів тактичної ланки ЗС України за рахунок вирішення транспортної задачі. Застосування такого підходу дозволить підвищити швидкість і точність обліку майна, ефективне управління запасами та зменшення витрат на доставку, зберігання й обробку даних.

Отже, створення нових і модернізація існуючих інформаційних технологій в логістичному забезпеченні матеріально-технічними засобами підрозділів тактичної ланки ЗС України є актуальним.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ САМОКОНФІГУРОВАНИХ РАДІОМЕРЕЖ ДЛЯ СТАНДАРТУ DMR

І.С. Катеринчук, д.т.н., проф.; А.О. Бабарика, д.філос.;

Р.В. Рачок, д.т.н., проф.

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького (військова частина 9960)*

Сучасні цифрові системи стандарту DMR набули широкого застосування у радіомережах військового призначення. Проте, робота на фіксованих частотах у визначеному УКХ діапазоні радіочастот не забезпечує достатньої стійкості таких систем до впливу засобів РЕБ противника. Перспективною технологією у радіомережах військового призначення є MANET (Mobile Ad-Hoc Networks). Однак, радіосистеми Motorola, що працюють у стандарті DMR, не підтримують MANET у класичному розумінні, оскільки їх робота базується на фіксованих ретрансляторах або централізованій інфраструктурі. Для розширення можливостей радіомереж стандарту DMR існують технології технології, що забезпечують самоорганізовані мережі:

Rajant Kinetic Mesh (динамічна маршрутизація без централізованої інфраструктури, може поєднуватися з Motorola DMR через IP-інтеграцію для розширення можливостей мобільних мереж);

Silvus Technologies MN-MIMO (самовідновлювана маршрутизація в динамічному середовищі);

TrellisWare TSM (підтримується робота за принципами MANET, інтегрується з DMR-системами через шлюзи).

Отже використання розширених можливостей інтеграції радіосистем Motorola DMR з технологіями Rajant, Silvus, TrellisWare можуть значно підвищити стійкість системи радіозв'язку в бойових умовах.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ РОЗРОБКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ЗА ФОРСАЙТ-МЕТОДОЛОГІЄЮ

*М.Е. Хуторна, д.ек.н., проф.; О.М. Чередніков, к.т.н., доц.
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Історично методологія “форсайту” застосовувалась в умовах браку інформації при проведенні статистичної аналізу у формуванні стратегічної політики країн, що прагнуть максимально використати свій потенціал у технологічній та інноваційній діяльності в галузях економічного, державного та соціально-громадського планування.

Існує безліч методів прогнозування, однак у програмах “форсайту” найбільш інтенсивно використовуються найбільш продуктивні:

- Метод Дельфі (Delphi);
- Виділення ключових технологій (Key Technologies);
- Технологічна дорожня карта (Technology Roadmapping);
- Формування експертних панелей (Expert Panels);
- Аналіз взаємного впливу факторів (Cross-Impact Analysis);
- SWOT-аналіз (SWOT-Analysis);
- Розробка майбутнього (Futures Workshops).

Кожен метод прогнозування має свої визначені сфери застосування та умови найбільш ефективного використання. Об'єднані ж вони тим, що як домінуюче джерело прогнозної інформації, апелюють до оцінок, описів і аргументації висококваліфікованих експертів. Усвідомлення значущості міждисциплінарного співробітництва відкриває нові можливості для розвитку цілих галузей та консолідації фахівців різних напрямів при визначенні пріоритетів майбутнього. Це передбачає зміни сформованого підходу до вибору науково-технологічних пріоритетів і розподілу фінансування.

Сьогодні на основі дослідження сутності поняття “форсайту” актуальним завданням є розвиток методики оцінки атрибутивних характеристик та її застосування для математичного обґрунтування результатів прогнозування характеристик якості озброєння та військової техніки.

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЙ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ В ІМІТАЦІЙНІЙ МОДЕЛІ ОПЕРАЦІЙ (БОЙОВИХ ДІЙ)

*С.С. Зварич, к.т.н., ст.д.
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Математичні моделі – важливий інструмент для дослідження тих чи інших аспектів збройної боротьби. Важливими є імітаційні моделі, які детально описують об'єкти та процеси, що розглядаються. Імітаційна модель

операцій (бойових дій), яка розроблена в ЦНДІ ЗС України, складається із низки взаємопов'язаних моделей, що об'єднуються в один комплекс і працюють одночасно (покроково).

У зазначеному комплексі в моделі ведення повітряної розвідки усі засоби (пілотовані літаки-розвідники та розвідувальні безпілотні авіаційні комплекси) поділяються на типи, залежно від конкретного розвідувального обладнання, що розміщується на них. Для кожного типу була створена відповідна модель. Нині Україна отримала і далі отримує від зарубіжних партнерів та розробляє самостійно нові зразки озброєння, у тому числі з комбінованим обладнанням для розвідки. Це вимагає при появі нових типів засобів повітряної розвідки щоразу створювати для них нову модель.

Пропонується змінити підхід до моделювання ведення повітряної розвідки, а саме: будь-який засіб повітряної розвідки розглядати як об'єкт, що рухається в повітрі. Інші його властивості будуть визначатись обладнанням, що на ньому є і для якого створенні окремі модулі моделювання. Такий підхід дозволяє моделювати ведення повітряної розвідки відразу декількома типами обладнання одного носія, що покращує адекватність моделі.

ЩОДО ІНТЕГРАЦІЇ “МАШИННОГО ЗОРУ” ДО FPV-ДРОНІВ

Я.Г. Засць, к.т.н., ст.д., С.В. Давіденко, к.т.н., доц.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Все більш активне використання FPV-дронів на полі бою з технологією машинного зору, на сучасному етапі російсько-української війни, докорінно змінює парадигму їх застосування.

Якщо спрощено, то машинний зір це алгоритм, який реалізовує функцію захоплення об'єкта і слідкування за ним.

Такий функціонал дозволяє вирішувати дві основні проблеми щодо підвищення ефективності застосування FPV-дронів:

Перша – значне зменшення залежності навичок оператора від результату використання FPV-дрона, який сьогодні значною мірою визначається майстерністю оператора, що керує дроном від моменту старту до влучання.

Друга – це фактичне нівелювання систем радіоелектронної боротьби, особливо окопних, які мають відносно незначну потужність та обмежений через це радіус дії й максимально сильно впливають на дрон, коли він якраз наближується до цілі.

Загалом машинний зір вирішує головну проблему – польоту FPV-дрона на термінальній ділянці перед ураженням цілі.

Також дрони з машинним зором і автозахопленням цілі мають кращі показники ефективності ураження рухомих цілей та більшу можливу дальність використання цього озброєння.

Застосування машинного зору на дронах дозволить безпечніше і масштабніше нищити ворога. Першість у використанні такої технології дасть неабияку перевагу.

В умовах коли збройні сили рф вже досить активно застосовують на полі бою дрони з “машинним зором”, необхідна максимально динамічна державна підтримка вітчизняних розробників та виробників, що враховуватиме системні підходи та прямі інвестиції, інакше терези можуть схилитися на інший бік.

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ТА ВЕДЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ОБОРОНИ УКРАЇНИ

О.М. Іщенко, д.філос., ст.д.

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

На сьогоднішній день в умовах широкого застосування засобів ураження, таких як безпілотні літальні апарати, безпілотні наземні апарати тощо. Динаміка ведення бойових дій значно зростає, зменшуються цикли управління та строки реагування на зміну обстановки. Все це призводить до збільшення ролі забезпечення системи управління військами своєчасним та стійким доступом до телекомунікаційних ресурсів системи зв'язку.

Елементи системи зв'язку, як і елементи системи управління є першочерговими цілями для знищення, порушення їх функціонування. Тому, для забезпечення стійкого функціонування системи зв'язку створюється резерв засобів зв'язку. Величина резерву керівними документами не визначена, він створюється за залишковим принципом, і як показує досвід його не вистачає для забезпечення поточних потреб у засобах зв'язку під час ведення операції (бойових дій). Обґрунтування величини резерву засобів зв'язку з метою ефективного функціонування системи зв'язку є актуальним завданням. Існують методики, які дозволяють це зробити. Проте, дані методики не враховують сучасні зміни в умовах ведення бойових дій, а також особливості функціонування системи зв'язку під час підготовки та ведення територіальної оборони.

Запропоновано методику, яка враховує наступні додаткові фактори: ураження засобів зв'язку безпілотними літальними та наземними апаратами (комплексами); якісний стан засобів зв'язку на момент ведення операції (бойових дій).

НАПРЯМКИ ТА СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ І ЗБРОЄЮ

О.Д. Пацетник¹, к.т.н., с.н.с.; В.В. Литвин², д.т.н., проф.; В.Л. Живчук¹, к.т.н.

¹Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного;

²Національний університет "Львівська політехніка"

Вивчення сучасних тенденцій застосування штучного інтелекту (ШІ) в системах управління військами і зброєю для централізованого управління та координації воєнних дій різного масштабу, а також вирішення питань щодо можливостей, особливостей і проблем його перспективного використання мають велике значення з точки зору конкретизації основних орієнтирів збереження і розвитку воєнного потенціалу держави в сучасних умовах.

На сьогодні системи з ШІ являються ключовим елементом для виконання надскладних воєнних інформаційно-психологічних та кібернетичних операцій. Однак, впровадження подібних систем вимагає збору та обробки великої кількості різномірної слабоструктурованої інформації, прийняття оперативних рішень в умовах значної невизначеності. Виникає проблема щодо пошуку інструментарію який міг би замінити людину при вирішенні такого роду задач.

В якості результатів дослідження, в доповіді представлені можливі напрямки та способи застосування ШІ для підтримки прийняття воєнних рішень, а також програми, які реалізують технології ШІ в перспективних зразках озброєння та військової техніки на прикладі Збройних сил передових країн світу.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ

*С.В. Базарний, д.філос.; О.В. Терновий
Національний університет оборони України*

Широкомасштабна збройна агресія російської федерації проти України, яка розпочалася у 2022 році, стала безпрецедентним викликом для системи національної безпеки та оборони. В умовах високої інтенсивності бойових дій, динамічних змін тактичної обстановки та активного застосування сучасних технологій ведення війни Збройні Сили України (ЗС України) продемонстрували здатність до ефективного опору, адаптації та впровадження інноваційних підходів до військового управління. Досвід, набутий у процесі відбиття агресії, підкреслив критичну роль технологічного розвитку, зокрема у сферах інформаційного забезпечення, бойового управління, застосування безпілотних систем, кібербезпеки та інтеграції розвідувальних даних. Війна довела необхідність удосконалення методів прийняття рішень, оптимізації використання ресурсів і впровадження багаторівневих механізмів адаптації до складних бойових умов. Зокрема, розвиток інформаційних систем Збройних Сил України є визначальним фактором забезпечення ефективності та стійкості військового управління. У цьому контексті метод диверсифікації відіграє ключову роль, дозволяючи знизити ризики інформаційних спотворень, підвищити адаптивність системи управління та забезпечити її відповідність сучасним викликам. Метою даного дослідження є аналіз та обґрунтування методу диверсифікації як одного з ключових механізмів підвищення ефективності процесу прийняття рішень в інформаційних системах ЗС України. Для цього застосовано системний підхід, порівняльний аналіз, методи моделювання військово-оперативних процесів та статистичний аналіз великих масивів даних. Метод диверсифікації в процесі прийняття військових рішень передбачає використання різноманітних джерел даних, множинних аналітичних моделей і розподілених обчислювальних ресурсів для підвищення достовірності інформації та оптимізації управлінських процесів. Основні складові ефективно диверсифікації включають:

залучення різноманітних джерел інформації, зокрема космічної, повітряної, кібернетичної, радіоелектронної та ін., сприяє мінімізації залежності від окремих каналів збору даних та підвищенню надійності інформаційного забезпечення в умовах динамічного середовища бойових дій;

застосування множинних методів аналізу, зокрема геоінформаційних систем, нейромережових моделей, алгоритмів машинного навчання та предиктивної аналітики, забезпечує комплексність оцінки ситуації та сприяє зниженню систематичних похибок у процесі прийняття рішень;

інтеграція в єдиний інформаційний простір шляхом формування міжплатформеного середовища обміну даними на основі принципів

модульності, автоматизації та адаптивності сприяє підвищенню швидкості реакції на зміни бойової обстановки;

оптимізація обчислювальних ресурсів шляхом використання розподілених обчислень та хмарних технологій для моделювання сценаріїв бойових дій і прогнозування розвитку подій сприяє ефективному використанню ресурсів та підвищенню продуктивності аналітичних систем.

Запропонований підхід дозволяє не лише підвищити оперативність та точність військового управління, а й створює передумови для інтеграції технологій штучного інтелекту (далі ШІ) у процеси планування, аналізу та прогнозування бойових дій. Подальші дослідження повинні бути зосереджені на впровадженні гібридних інтелектуальних систем, що поєднують адаптивне навчання ШІ, когнітивні обчислення та автоматизоване управління інформаційними потоками.

Таким чином, метод диверсифікації є не лише теоретично обґрунтованим підходом, а й практичним інструментом забезпечення інформаційної переваги в сучасній війні. Його впровадження в інформаційні системи Збройних Сил України сприятиме підвищенню їхньої стійкості, точності та адаптивності до динаміки сучасних бойових дій.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ РОЗРОБКИ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ ТА РИЗИКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

О.Д. Пацетник, к.т.н., с.н.с.; С.В. Рижов, к.т.н., ст.д.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Використання сучасних технологій у форматі хмарних обчислень дозволяє зменшити складний рівень роботи інформаційних систем. Поряд з цим, динамічний розвиток інформаційних технологій і хмарних обчислень вимагає все більш розгорнутих заходів із забезпечення захисту, як від зовнішніх, так і від внутрішніх загроз (безпеки електронної комунікаційної мережі, електронної комунікаційної послуги та інформаційних систем, які використовуються для надання хмарних послуг тощо).

Найбільші провайдери хмарних послуг (Amazon Web Services, Microsoft Windows Azure, Google Cloud Platform, Google App Engine, IBM Cloud, Oracle Cloud) здійснюють низку заходів, які унеможливають доступ їхніх співробітників до інформації, що зберігається в хмарі – шифрування даних, апаратні та програмні засоби запобігання різним типам кібератак, також використовують спеціальні засоби динамічного масштабування, скриптові програми, безліч різних API (програмний інтерфейс додатка, інтерфейс прикладного програмування). Однак, незважаючи на високий рівень захисту, існують певні ризики, які потребують подальшого вивчення та дослідження.

У доповіді приведено аналіз основних підходів при розробці хмарних сервісів для зберігання даних на основі використання сучасних методів безсерверних технологій. Здійснено порівняльний аналіз захисту даних у відомих хмарних моделях (SaaS, PaaS, IaaS), а також описано альтернативні рішення по питанням безпеки та конфіденційності, ризики їх використання в інформаційних системах.

ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ “КРОПИВА-Д” В ДІЯЛЬНІСТЬ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Є.В. Рижев¹, к.т.н., ст.д.; М.В. Домащук²;

О.Д. Пацетник¹, к.т.н., с.н.с.

¹Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного;

²Управління розвитку автоматизації Збройних Сил України

Досвід відбиття Збройними Силами (ЗС) України повномасштабної збройної агресії російської федерації в черговий раз свідчить про важливість наявності оперативного та стійкого управління військами (силами) для досягнення успіху в операціях (бойових діях). У зв'язку з цим, у ЗС України постійно проводиться робота з нарощування ефективності системи управління військами (силами) за рахунок впровадження у діяльність органів військового управління ЗС України та родів військ (сил) сучасних засобів автоматизації.

У доповіді сказано, що одним з таких засобів є інформаційно-комунікаційна система (ІКС) “Кропива-Д”, яка створюється з метою підвищення спроможностей із управління й застосування артилерійських підрозділів ЗС України в ланці “дивізіон-батарея-взвод-розрахунок”. Зазначено, що ІКС “Кропива-Д” призначена для: забезпечення збору, обробки, введення та відображення інформації (даних) щодо поточної обстановки; виконання розрахунків топогеодезичної, метеорологічної та балістичної підготовки; підтримки прийняття рішень командирами підрозділів; визначення установок для стрільби із забезпеченням захисту інформації.

Таким чином, впровадження ІКС “Кропива-Д” дозволить підвищити ефективність, спроможність підрозділів артилерії та забезпечити захищений обмін інформацією в польових умовах, що в подальшому дасть можливість взаємодії з однотипними захищеними системами держав-членів НАТО.

СИСТЕМА ШВИДКОГО ВСТАНОВЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*А.А. Антонюк; А.В. Антонюк, к.т.н., доц.; О.Ф. Дубина
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Початкове налаштування комп'ютерних засобів після встановлення операційної системи Windows може займати тривалий час. У результаті люди, які цим часто займаються вимушені мати свої особисті набори початкових програм та інструментів налаштування, щоб максимально швидко здійснити початкове налаштування комп'ютера після встановлення чистої операційної системи.

Для розв'язання цієї категорії завдань було розроблено систему, яка дозволяє в зручному та зрозумілому для більшості користувачів інтерфейсі здійснювати встановлення програм, пакетів програм, здійснення налаштувань системи. Для адміністраторів система надає можливість створення систематизованих груп інсталяторів програм та скриптів інсталяції, які можна буде встановлювати без подальшого доступу до мережі, з можливістю налаштування автоматичного оновлення при наявності підключення до мережі Інтернет.

Систему було розроблено використовуючи високорівневу мову програмування Python з використанням бібліотеки kivy для створення

графічних інтерфейсів та системну мову програмування Rust, що забезпечує безпеку пам'яті у критичних ділянках та реалізовує скриптовий функціонал системи інсталяції.

КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ КІБЕРНЕТИЧНИХ ЗАГРОЗ ІНФОРМАЦІЙНИМ РЕСУРСАМ ОРГАНАМ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ

І.І. Чесановський, к.т.н., доц.;

І.С. Катеринчук, д.т.н., проф.; А.О. Бабарика, д.філос.

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького*

Інформаційні системи, які використовуються в органах охорони державного кордону, забезпечують обробку, передачу та збереження критично важливих даних, що потребує надійного захисту від атак зловмисників. Використання кіберфізичних систем (КФС) дозволяє ефективно інтегрувати фізичні та цифрові компоненти, що забезпечує моніторинг, аналіз та нейтралізацію кіберзагроз у режимі реального часу.

Метою роботи є розробка концепції кіберфізичної системи, яка забезпечує комплексне виявлення та протидію кібернетичним загрозам, що можуть впливати на інформаційні ресурси ДПСУ. Запропонована система дозволить автоматизувати процеси кіберзахисту, підвищити рівень ситуаційної обізнаності та оперативності прийняття рішень щодо реагування на кібератаки.

Концептуальна модель КФС включає фізичні сенсори, інтелектуальні алгоритми аналізу даних та інтегровані мережеві рішення. Запропонована система ґрунтується на використанні граничних, туманних та хмарних обчислень, що дозволяє швидко обробляти великі обсяги інформації та забезпечувати її надійний захист. Функціональна архітектура системи включає фізичний, кібернетичний, мережевий, аналітичний та користувацький рівні. Визначено механізми управління доступом, моніторингу мережевого трафіку та реагування на аномалії. Запропоновано концепцію «озер даних» для централізованого зберігання та аналізу великомасштабних інформаційних потоків.

Розроблена концепція сприятиме підвищенню безпеки інформаційних ресурсів ДПСУ, зменшенню ризиків несанкціонованого доступу та забезпеченню безперебійної роботи інформаційних систем.

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ВУЗЛІВ У MESH-МЕРЕЖІ

*Ю.А. Хажанець, Ph.D.; В.П. Ясинецький, к.військ.н., доц.; О.В. Білоус
Національний університет оборони України*

В умовах сьогодення під час збройних конфліктів mesh-мережі відіграють важливу роль, оскільки мають доволі високу пропускну спроможність, стійкість до завад та здатність швидко адаптуватися до зміни конфігурації мережі особливо, це важливо для підрозділів, що постійно змінюють своє місце дислокації.

Основною проблемою під час побудови mesh-мережі є визначення оптимальної кількості вузлів для забезпечення стійкості, ефективності та мінімальних витрат.

Існує декілька підходів для визначення оптимальної кількості вузлів у mesh-мережі найпоширеніші з них це геометричні моделі наприклад, модель випадкових геометричних графів (RGG) або модель мінімального покриття (Minimum Covering Model). Поряд з тим існують і стохастичні та евристичні методи наприклад, генетичні алгоритми (GA), алгоритми рою частинок (PSO), мурашині алгоритми (ACO). Більш досконалими є спеціалізовані моделі для mesh-мереж, це такі як Модель Крона (Krona Model) та Модель Клодера (Clouder's Model).

Проте для побудови mesh-мережі військового призначення доцільно використовувати симбіоз різних моделей наприклад моделі RGG та Clouder's Model для досягнення більш високої адаптивності, а для самонаштування мережі Machine Learning. Слід враховувати при побудові таких мереж і вимоги щодо захищеності, стійкості до впливу засобів радіоелектронної боротьби та автономності роботи.

Звісно оптимальна модель mesh-мережі буде залежати від умов функціонування проте для побудови саме військового призначення найбільш оптимальними будуть гібридні методи в поєднанні геометричних моделей та AI-оптимізації.

СТАНДАРТИ МЕТЕОБЮЛЕТЕНІВ І ЇХ АДАПТАЦІЯ ДЛЯ СУЧАСНОЇ АРТИЛЕРІЇ

С.В. Сергієв

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

На даний час для розрахунку установок артилерійських і мінометних пострілів у Збройних Силах України використовують три основних метеорологічних повідомлення:

повідомлення Meteo11 (так зване "метеосереднє"), метеорологічне повідомлення колишніх країн радянського союзу;

стандартне балістичне метеорологічне повідомлення METB (STANAG 4061);

стандартне метеорологічне повідомлення для артилерійських комп'ютерів METCM (STANAG 4082).

Дані повідомлення включають параметри атмосфери на різних висотах, такі як тиск, температура, вологість, швидкість і напрямок вітру. Однак різні стандарти та формати цих бюлетенів можуть створювати труднощі для їх безпосереднього використання у системах управління вогнем.

Конвертація метеорологічних бюлетенів дозволяє трансформувати дані з одного формату в інший, забезпечуючи їх використання в різних системах управління вогнем, програмних забезпеченнях і методиках розрахунку. Наприклад, якщо артилерійський розрахунок працює зі стандартом "Meteo11", а метеостанція передає інформацію у форматі "MetB3", необхідно швидко адаптувати дані для коректної роботи обчислювальної системи. Без такої конвертації можуть виникнути суттєві похибки, які знижують ефективність вогню.

Таким чином, конвертація метеорологічних бюлетенів між форматами "Метеo11", "MetB3" і "MetCM" є необхідною умовою для забезпечення точності стрільби, оперативності бойових дій і гнучкості використання різного обладнання в умовах сучасного бою.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ РЕСУРСАМИ В АРМІЇ

О.О. Будзінська; Р.І. Гладич

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Ефективне управління технічними ресурсами відіграє ключову роль у забезпеченні боєздатності сучасних військових підрозділів. Однак традиційні підходи до моніторингу та обслуговування військової техніки мають низку недоліків, зокрема високу залежність від людського фактора, несвоєчасне виявлення несправностей та неефективний розподіл ресурсів.

На сьогодні в арміях провідних країн світу активно впроваджуються інформаційні технології для автоматизації цих процесів. Використання сучасних систем управління дозволяє в реальному часі відстежувати стан техніки, оптимізувати планування ремонтних робіт і контролювати постачання запасних частин. Наприклад, централізовані цифрові платформи інтегрують дані з різних підрозділів, що дає змогу командуванню оперативно приймати рішення щодо переміщення та використання технічних ресурсів.

Попри позитивні зрушення, багато військових частин все ще використовують застарілі системи обліку, що ускладнює швидке реагування на несправності та веде до нераціонального витрачання ресурсів. Для покращення ситуації необхідне впровадження автоматизованих комплексів діагностики, які можуть збирати й аналізувати дані про технічний стан озброєння та транспорту. Такі системи можуть працювати на базі військових командних пунктів та мобільних ремонтних бригад, що значно скоротить час простою техніки.

Удосконалення інформаційних систем управління військовими ресурсами сприятиме підвищенню ефективності бойових підрозділів, оптимізації витрат та покращенню загальної обороноздатності.

РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВИМИ РЕСУРСАМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Р.І. Гладич; О.О. Будзінська

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Сучасні військові конфлікти характеризуються високою динамічністю, невизначеністю та значним обсягом даних, які потребують оперативної обробки. Ефективне управління військовими ресурсами є критичним для успіху військових операцій. Однак традиційні методи часто не відповідають швидкості змін, що призводить до неефективного використання ресурсів і зростання витрат. У цьому контексті штучний інтелект (ШІ) пропонує революційні рішення завдяки автоматизації аналізу даних та оптимізації управління.

Основними викликами є складність обробки великих обсягів інформації, необхідність швидкого ухвалення рішень в умовах невизначеності та проблеми логістики та ресурсного планування. ШІ може допомогти, використовуючи машинне навчання для прогнозування потреб, інтеграцію з існуючими військовими системами та застосування у логістиці, плануванні операцій та управлінні персоналом.

Розробка таких систем передбачає створення алгоритмів оптимального розподілу ресурсів та тестування рішень у симульованих або реальних умовах. Очікувані результати: підвищення ефективності управління, скорочення часу ухвалення рішень і зменшення витрат завдяки оптимізації процесів.

Перспективи впровадження ШІ у військову сферу включають покращення координації, автономності та адаптивності військових операцій. Подальші дослідження необхідні для підвищення точності прогнозів, кібербезпеки та надійності автоматизованих систем. Використання ШІ у військових системах управління ресурсами стане стратегічною перевагою для сучасних збройних сил.

ПРОТИПОВІТРЯНА ОБОРОНА УКРАЇНИ ПІД ЧАС ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

К.С. Ковальов

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

Під час повномасштабної війни росії проти нашої держави війська протиповітряної оборони Сухопутних військ Збройних сил України отримали унікальний бойовий, організаційний, військово-технічний та інший досвід з формування та ведення протиповітряної і протиракетної оборони.

Протиповітряна оборона військ виконує такі завдання, як: захист населення, адміністративних і культурних центрів, об'єктів критичної інфраструктури держави та військових частин від ударів російської авіації, оперативно-тактичних і тактичних балістичних ракет, гіперзвукових аеробалістичних ракет, крилатих ракет повітряного, наземного та морського базування, протикорабельних ракет, керованих авіаційних ракет, безпілотних літальних апаратів (дронів) та інших засобів повітряного нападу.

Лише за попередніми даними (протягом 24.02.22 – 05.02.25) противник втратив 369 літаків та 331 гелікоптер, тому майже відмовився від використання пілотованої бойової авіації над контрольованою Україною територією і навіть над деякими власними прикордонними територіями.

Від початку війни у Протиповітряних силах України відбулися значні позитивні зміни. Засоби протиповітряної оборони постійно вдосконалюються та модернізуються для більш ефективного захисту нашої держави від можливих атак. Впроваджуються нові зразки зброї, за рахунок отримання комплексів ППО середньої та великої дальності від наших партнерів (IRIS-T, NASAMS, Srotale, Aspid, Avenger, Gepard, Patriot та SAMP/T). Отже основним пріоритетом воєнної політики України є посилення протиповітряної, протиракетної та протидронової оборони.

ВІКІПЕДІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВІЙНИ: АНАЛІЗ МАНІПУЛЯЦІЙ

М. Хардель

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

У контексті інформаційної війни між РФ та Україною, Вікіпедія, доступна онлайн-енциклопедія, стала важливим інструментом агресора через велику вебметричність та об'єм інформації. Цей ресурс відіграє важливу роль у формуванні історичної свідомості населення. Водночас особливі характеристики Вікіпедії роблять її уразливою до інформаційних маніпуляцій.

Аналіз змісту статей в україномовному та російськомовному розділах Вікіпедії, особливо тих, що стосуються історичних та політичних подій, показав тактики маніпуляцій. Наприклад, російськомовні статті часто включають посилання на упереджені або пропагандистські джерела, створюючи ілюзію авторитетності, але спотворюючи об'єктивність подій.

До того ж, спостерігається вибіркове редагування, де важливі факти вилучаються, а інформація, що підтримує агресора, додається. Це формує однобічне бачення подій і вводить користувачів в оману. Станом на 2025 рік у російськомовній Вікіпедії існує перелік тем, які потребують примусового посередництва через конфлікти та суперечності між редакторами. Це включає теми, в основному пов'язані з історичними та політичними конфліктами. Як результат, введені особливі правила редагування для вирішення цих війн правок. Особливо звертає на себе увагу техніка "Wiki rabbit hole" з надмірною кількістю однобічних посилань, що викривляє сприйняття інформації. Це підкреслює необхідність розробки стратегій протидії інформаційним маніпуляціям та підвищення рівня медіаграмотності населення.

СЕКЦІЯ 10

РОЗВИТОК ОЗБРОЄННЯ, ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА СПОСОБІВ ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬК ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ. ПРОТИПОВІТРЯНА ОБОРОНА ВІЙСЬК В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: полковник Гуленов І.В.;
к.т.н. доц. підполковник Воїнов В.В.
Секретар секції: к.т.н. доц. пр. ЗС України Піскунов С.М.

PROBLEM OF COLLATERAL DAMAGE EVALUATION FOR SHORT RANGE AND VERY SHORT RANGE AIR DEFENCE SYSTEMS

*I. Gulenov¹; O. Pyvovar¹; M. Serbinenko¹;
A. Shevchenko², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
¹Land Forces Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Permanent disregard for International Humanitarian Law is a characteristic feature of the air strikes conducted by the Russian Federation on the sovereign territory of Ukraine. Particularly the indiscriminate attacks by enemy unmanned aerial vehicles (UAVs) on urban areas result in numerous casualties among the local population and civilian infrastructure. It is known that an effective means of countering UAVs is short-range (SHORAD) and very short-range air defence (VSHORAD) systems. The use of such weapons like any one requires mandatory compliance with the Law of Armed Conflict (LOAC). Namely the basic LOAC principles of Necessity, Proportionality, Humanity and Distinction in the use of military force and the restrictions to minimize the Collateral damage (CD) must be always adhered. A CD is defined as unintentional or accidental damage to persons not involved in hostilities and/or damage to civilian infrastructure. Obedience to LOAC principles and restrictions should include a preliminary CD evaluation (CDE) in order to not exceed the expected military advantage. CDE is particularly relevant for air defence protection of densely populated areas from air strikes. The report examines the main approaches to CDE adopted by NATO member states. It is shown that the existing methods do not consider the conditions of air defence systems employment in the modern warfare. The paper presents the assessment of the surface danger zones of air defence weapons, averted harm evaluation and intercept debris safety analysis, and other means to minimize CD for operational planning and execution of SHORAD and VSHORAD missions.

METHOD FOR CONTROLLING THE ENERGY (TIME)RESOURCES OF THE AIR DEFENSE RADAR WHEN TRACKING MANEUVERING TARGETS

*V. Mehelbei, Candidate of Technical Sciences; M. Servetnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A multifunctional radar station (MFRS) of an anti-aircraft missile system (AAMS) is a complex information system in which information is managed and processed by computers. In order to increase the throughput of the MFRS, the

control system must ensure the efficient distribution of its energy (time) resources. To solve this problem, we propose a method for controlling the energy (time) resources of the air defense radar when tracking maneuvering targets. The basis of the method is an adaptive Bayesian algorithm for filtering the parameters of the trajectory of maneuvering targets using split filters. The outliers obtained during the filtering, followed by a weighting procedure, are used to calculate the update periods of information about the trajectory parameters of the accompanied targets. This makes it possible to obtain a generalized period of updating information about the parameters of the target trajectory, which is used when tracking the target in the next control cycle. The proposed method makes it possible to reduce the consumption of energy (time) resources of the MFRS at a given accuracy of tracking maneuvering targets.

METHODICAL APPROACH TO THE EMPIRICAL ESTIMATION OF THE EFFECTIVE SCATTERING AREA OF SPHERICAL LUNEBURG LENSES

*H. Ivanets, Candidate of Technical Science, Associate Professor;
O. Stavvitskyi, Candidate of Technical Science, Associate Professor;
O. Nakonechnyi, Candidate of Technical Science, Associate Professor; A. Haluzynskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Experimental evaluation of the effective scattering area of spherical Luneburg lenses is conducted using an anechoic chamber. The anechoic chamber is a room internally lined with radio-absorbing materials to minimize reflections from the walls and create conditions resembling the so called "free space" within a designated area of the chamber, known as the anechoic zone.

The procedure for estimating the effective scattering area of a spherical Luneburg lens is outlined as follows:

a) For a given signal frequency, the power of the reflected signals from both the lens and the standard at the receiver input is measured in relation to the transmitter power in decibels using an anechoic chamber experimental setup;

b) the difference of the said values is found in decibels β ;

c) the value of the reflection coefficient of the lens in relation to the standard is calculated by the formula $K_{\text{ЛЛ}} = 10^{(0,1\beta)}$;

d) the effective scattering area of the σ_{ET} standard, which is a metallized sphere with a radius equal to that of the Luneburg lens, is calculated;

e) the effective scattering area of the Luneburg lens is calculated for a given wave frequency in accordance with the following expression $\sigma_{\text{ЛЛ}} = K_{\text{ЛЛ}} \cdot \sigma_{\text{ET}}$.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN MILITARY EDUCATION: VIRTUAL SIMULATORS FOR EFFECTIVE TRAINING

*Y. Shetelya; M. Iasechko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
I. Zahoruiko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the key factors ensuring the alignment of military education with modern standards is the integration of information technologies and digital solutions into the training process.

This is especially relevant when preparing personnel to operate military equipment and systems. In the context of the constraints imposed by the ongoing Russia-Ukraine war, the development of simulation models for virtual training in various aspects of combat operations becomes crucial.

This approach allows for training military crews and technical staff to operate different types of weaponry and military hardware.

To ensure the effectiveness of training using digital tools, three essential components are required: personnel, material and technical base (including software and digital devices), and instructional materials for conducting lessons.

The development of simulation software enables the training of specialists in the operation of the launch system of the 2P25 "Kub" surface-to-air missile system without the need for actual weaponry.

Summary: Analyzing the most significant factors that affect training quality demonstrates that the use of digital technologies significantly improves the preparation of personnel even with limited resources and time.

This provides several advantages, such as the ability to train larger groups of personnel simultaneously, reduced strain on equipment, effective utilization of pedagogical resources, individualized training, the ability to model various combat scenarios, and the assessment of knowledge retention levels.

ANTI-RADIATION MISSILES OF THE ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION AND THEIR ASSESSMENT AS TARGETS FOR AIR DEFENSE UNITS

*S. Oriekhov, Candidate of Technical Science, Associate Professor; O. Tokar
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report analyzes the tactical and technical characteristics of the main types of air-launched anti-radiation missiles used by the Armed Forces of the Russian Federation, specifically the X-25MP, X-31P, and X-58U. The report highlights the experience of using these missiles in modern armed conflicts, their impact on air defense systems, and their effectiveness in targeting radar stations. The application of this weapon in the Russian-Ukrainian war and changes in the tactics of deploying anti-radiation missiles by aviation during the conflict are thoroughly examined.

The study includes calculations of backscatter radiation patterns for X-31P and X-58U missiles in the centimeter wavelength range. The radar cross-section (RCS) of these anti-radiation missiles was calculated using a methodology developed at Kharkiv National Air Force University. Mathematical modeling was employed to obtain and analyze their backscatter radiation patterns, specifically the RCS dependence on the angle of radiation exposure.

The evaluation of these missiles as targets for air defense units was conducted.

The analysis of the results shows that from the frontal hemisphere, at radiation angles between 0° and 20° , the average RCS of the X-31P and X-58 missiles is approximately $0.02\text{--}0.05\text{ m}^2$.

Based on the obtained results, recommendations were developed for air defense units to increase the probability of detecting and engaging these types of targets. Additionally, requirements for prospective radar systems for air defense complexes were proposed. The evaluation results identified ways to improve the defense and countermeasures against anti-radiation missiles.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AIR TARGET SIMULATORS BASED ON SPHERICAL AND CYLINDRICAL LUNEBURG LENSES

O. Nakonechnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

H. Ivanets, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

M. Haluzinskyi; M. Kyrychenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In order to maintain air defence units of the Land Forces in constant combat readiness to perform combat missions in constant combat readiness, it is necessary to conduct live firing during military exercises of air defence units. For this purpose, air targets should be used to simulate modern means of air attack against the enemy, as well as to be used as decoys during combat operations.

Airborne targets can be used to detect enemy air defence systems and to expend the destruction of anti-aircraft missile systems.

The effective scattering area of air targets of various types in the radar wavelength range of ultra-high frequencies is a crucial component of modern and advanced target unmanned aerial vehicles. One of the most promising areas for future research is the use of passive simulators based on spherical and cylindrical Luneburg lenses.

Spherical passive dielectric simulators employ spherical Luneburg dielectric lenses to function as reflectors. Spherical lens designs can vary in the shape of the metallized surface, which may take the form of a segmental cap or feature a continuous equatorial belt of specified width.

Cylindrical passive dielectric effective scattering area simulators operate as reflectors incorporating cylindrical Luneburg dielectric lenses.

Comparative analysis of lens simulator characteristics reveals that, given the same size and irradiation wavelength, simulators based on spherical Luneburg lenses exhibit a significantly larger effective scattering area compared to their cylindrical counterparts.

Studies have shown that simulators based on a spherical Luneburg lens with a metallized segment in the form of a "cap" provide the largest effective scattering area.

APPLICATION OF SOFTWARE-BASED TRAINING SIMULATORS IN MILITARY EDUCATION

D. Zaitsev; M. Iasechko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Information technology is an integral part of the modern world, significantly shaping the future development of humanity. Under these conditions, the education system also requires evolutionary changes. Therefore, it can be said that the issue of implementing the digitalization process is highly relevant in the modern educational environment, as high-quality teaching of disciplines today cannot be carried out without utilizing the tools and opportunities provided by information technology.

Let us consider the advantages of using modern tools and technologies to enhance efficiency and reduce costs in training personnel by integrating advanced tools and technologies, such as computer simulation programs, into the learning process.

The use of computer simulation programs allows military personnel to visualize and effectively understand abstract concepts and processes. They can observe how

parameters change and how they influence outcomes. Crew members can conduct experiments and simulations in a safe virtual environment without risking expensive equipment or causing negative consequences.

The global trend of digital transformation represents a shift from passive observation to simulation-based learning, which is significantly more accessible, effective, and engaging while not increasing training costs.

Compared to outdated teaching methods and tools that no longer fully meet modern requirements for developing professional skills, the integration of information and communication technologies into the training process is a much more effective means of achieving educational and instructional goals.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR OPTIMIZING JOINT ACTIONS OF AIR DEFENSE UNITS OF THE GROUND FORCES AND ELECTRONIC WARFARE UNITS IN COMBAT

*O. Lezik, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; V. Nadozhyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the experience of conducting a liberation war against the occupying enemy forces provides a basis for asserting that future air assault and air defense operations will be characterized by spatial expansion, high dynamics of combat actions, significant deterioration of conditions for the use of command and weapon control systems, in the context of the massive deployment of electronic warfare and radio-electronic means.

The role of joint actions by various branches of the armed forces is increasing because the effectiveness of combat means depends not only on finding the best method and timing for deploying specific types of weapons, but also on the timely identification of their usage features in conjunction with other combat systems.

Merely coordinating fire planning and setting up radio-electronic interference at the tactical level is insufficient. This is due to the fact that electronic suppression is most effective when the delay time of information circulating in control systems is minimal compared to the duration of the control cycle during which this information remains valuable.

Therefore, the specific conditions of combat actions involving the forces and means of the Ground Forces' air defense and EW units in combat formations, the lack of theoretical research, and practical recommendations in this area prompted the need for further scientific research and experiments. Furthermore, it is necessary to develop a methodology to assess the expected outcomes of joint actions between air defense and EW units and to provide scientifically grounded recommendations for their effective joint combat use in air defense units or in combined mobile groups.

IMPACT OF THE APPLICATION OF NEW MATERIALS ON THE DEFENSE AND NATIONAL SECURITY OF THE STATE

*S. Volodko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Novel materials are man-made materials with unique and novel properties. They can be manufactured using methods borrowed from nanotechnology or synthetic biology. These materials can include coatings with extreme heat resistance, high-strength body armor or platforms, invisibility, energy harvesting and storage,

superconductivity, advanced sensors, and the production of new fuels and building materials.

The use of new materials with additive and hybrid manufacturing will allow for the creation of more efficient, low-waste products, embedded electronics, and sensors, which will allow for the rapid development and production of spare parts for weapons, combat vehicles, and other military equipment.

Additive manufacturing (AM) of new materials is the process of creating an almost arbitrary 3D solid object using a digital model by layering materials. Additive manufacturing can be used for rapid prototyping; on-site production and repair of military equipment; production of precise, non-standard or unique parts.

The use of additive manufacturing will improve maintenance and logistics by reducing spare parts inventories for weapons and military equipment in combat areas, increasing the availability of spare parts and reducing delivery costs, reduce costs and improve the efficiency of new designs and expensive materials, especially in air or marine environments.

For example, single-crystal turbine blades covered with thermal insulation coatings or ultra-quiet submarine parts involve complex designs and complex material processing. Therefore, they are expensive. Effective repair of such components using AM will significantly reduce repair costs and increase operational availability.

FEATURES OF THE TACTICAL USE OF DECOY AIR TARGETS BASED ON LUNEBURG LENSES IN RUSSIA'S WARFARE AGAINST UKRAINE

*O. Stavytskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
H. Ivanets, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Sydorov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; M. Kyrychenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

As decoy air targets, Russian forces deploy "Herbera" and "Parodia" drones, which lack warheads and carry 3D-printed spherical Luneburg lenses partially covered with foil. This setup generates numerous radar-visible targets, diverting attention and compelling interception. In mass launches of "Shahed-136" drones, decoys can constitute up to 50% of the total UAV count. This tactic not only forces air defense systems to expend resources on false targets but likewise opens genuine "corridors" through Ukrainian air defense formations, facilitating the penetration of strike drones.

An alternative approach to deploying these decoys follows a different distribution pattern: the first wave consists predominantly of decoys flying at low altitudes and loitering within a designated area. Their low altitude makes them difficult to detect with radar systems. In the second wave, the proportion of decoys to actual targets becomes more balanced. By the third wave, decoys are minimized, and the assault force is composed almost entirely of strike drones. This layered tactic maximizes confusion among defensive forces, stretches air defense resources thin, and creates openings in Ukrainian air defenses for attack drones to exploit.

Studies have shown that the aforementioned decoy air targets, utilizing multilayered spherical Luneburg lens with a radius of 9.7 cm, can fully replicate the radar signature of Shahed-136 strike drones in the centimeter wave range. This will degrade the performance of radar systems in short-range surface-to-air missile complexes during combat operations.

IMPROVEMENT OF EQUIPMENT OF THE AIR FORCE OF THE SV DURING THE WAR

*S. Kovalenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An urgent issue of defense today is air cover not only of all the Defense Forces of Ukraine, which directly repel enemy attacks on the front line, but also of the entire rear in the depths of the country, including large and small cities. And this issue primarily concerns the effectiveness of all air defense units (APD), including both very small fire groups and air defense units that directly cover mechanized (tank) units in the areas of ground zero.

To solve this issue, it is proposed to improve the existing means of air defense of the Ground Forces of the Armed Forces of Ukraine, which we inherited from the Soviet Union. These anti-aircraft defense complexes cannot be used effectively at night, in difficult meteorological conditions and when using radio interference.

For this, it is necessary to improve all means of air defense of the Soviet Union, starting from portable anti-aircraft missile systems (MANPADS) and anti-aircraft installations (ZU 23) to more powerful anti-aircraft missile systems (SAMS) Strela 10 and anti-aircraft gun-missile complex (ZGRK) Tunguska. All of them cannot be used effectively in the dark, in difficult meteorological conditions and when using radio interference. Therefore, this question is acute today and therefore it is relevant. The first thing that will change the effective use of the listed anti-aircraft systems is the introduction of thermal imaging sights into their targeting and detection systems.

After conducting mathematical modeling, for each anti-aircraft complex, the effectiveness of firing at night will increase by 38...61%, in difficult meteorological conditions it will increase by 23...42%, and in conditions of use of obstacles from weak to strong, by 34...45%. This will make it possible to effectively use the listed anti-aircraft complexes in the dark, in difficult meteorological conditions and when using radio interference, and will solve our task by the air defense units themselves.

PROPOSALS FOR ENHANCING TARGETING SYSTEMS FOR THE 9A34M2 ANTI-AIRCRAFT VEHICLE

*O. Nakonechnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Kyianytsia; I. Medvid; M. Yaloveha
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the time of its development, the 9A34M2 combat vehicle's targeting systems were obviously functionally perfect and fulfilled their intended purpose. However, over time, especially during the Russian-Ukrainian war, the combat vehicle has acquired new potential targets, such as unmanned aerial vehicles of various types, new types of missiles, etc.

As a result, the existing targeting equipment is no longer able to cope with the tasks that need to be solved in the process of defeating modern air targets. That is why the 9A34M2 combat vehicle's targeting equipment is currently in need of modernization.

Enhancing the detection of air targets engaged by the 9A34M2 anti-aircraft vehicle requires a whole range of measures, which can be categorized into two groups: onboard systems integrated directly into the vehicle and auxiliary systems operating externally.

To complement the anti-aircraft vehicle's course sighting device, a thermal imaging system is proposed. Unlike the standard optical sight, the thermal imaging system enables air target detection at effective engagement distances both day and night.

The above thermal imaging system features an uninterrupted power supply system, special software, and possesses objective monitoring capabilities. The device has an ergonomic mounting system for the monitor, a control unit, and additional components. Key advantages include its affordability compared to foreign counterparts, quick installation, and user-friendly operation.

For auxiliary target detection, passive direction-finding stations and mobile radar stations are proposed. The passive direction-finding system incorporates multiple antennas to improve coordinate accuracy.

**DIRECTIONS FOR CREATING METHODOLOGICAL
RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE JOINT USE
OF FPV DRONES OF AIR TARGET INTERCEPTORS
WITH ANTI-AIRCRAFT WEAPONS**

O. Bolybash, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

I. Dzeverin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;

Ye. Ryabokon, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; T. Dzeverin

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The article provides simplified options for creating methodological recommendations for the combined use of FPV drones with anti-aircraft weapons of air defense units, using mathematical models for assessing effectiveness.

1. Threat Analysis and Tasks of FPV Drones as Interceptors Modern threats include small-sized UAVs, cruise missiles, and kamikaze drones. Anti-aircraft missile systems have certain limitations: the high cost of missiles to hit cheap targets (for example, mock-ups of decoys; a limited number of simultaneously intercepted targets; difficulty in hitting objects at low altitudes (50–200 m). Tasks of fpv drones: use as mobile interceptors with the ability to quickly respond (up to 3 minutes); use to destroy targets by physical contact (for example, collision) or detonation in the area of an air target; expansion of the area of responsibility of air defense at the expense of drones deployed on the front line (defined areas).

2. Mathematical models of interaction of fpv drones with anti-aircraft weapons.

2.1. Effective interception area.

The range of an FPV drone depends on its speed V_d (до 35 m/s) and flight time T_d (up to 15 minutes). Interception zone S_d is defined: $S_d = \pi \cdot (V_d \cdot T_d)^2$; for $V_d = 30 \text{ m/s}$; $T_d = 10 \text{ min}$: $S_d = \pi \cdot (300 \cdot 600)^2 \approx 3,2 \text{ km}^2$. Calculations of this kind can be used in calculations when closing dead zones between the positions of anti-aircraft weapons or planning actions in ambushes.

2.2. Probability of hitting a target.

The effectiveness of an FPV drone as an interceptor depends on: guidance accuracy (error $\leq 1 \text{ m}$); system reaction time t_r (from detection to launch of the drone). Mathematical model probability of hitting a target by a drone P_d is defined as:

$$P_d = e^{-\lambda \cdot t_r} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{D}{V_d \cdot t} \right)^2} \quad \text{where: } \lambda - \text{ is the intensity of threats (number of}$$

targets per unit of time); D – is the distance to the target; t – is the time of interception. For $t_r = 30\text{ s}$, $D = 2\text{ km}$, $V_d = 30\text{ m/s}$; probability of destruction $P_d \approx 0,75$.

2.3. Organization of management and interaction.

Creation of a single control loop: integration of FPV drones into the air defense system through automated control points; data from radars and reconnaissance drones is transmitted to FPV operators in real time. The mathematical model takes

the form: Data transfer time t_d must not exceed: $t_d \leq \frac{D_c}{V_c + V_d}$ where D_c – is the

distance to the target; V_c – is the speed of the target; V_d – drone speed. improvement of tactical interaction scenarios (option): FPV drones intercept targets on approach to the area of responsibility of anti-aircraft systems; when repelling a massive attack, FPV drones operate in the first echelon, reducing the load on anti-aircraft weapons; When repelling a combined attack, FPV drones act on a whole distribution.

2.4. Technical improvement.

Equipping with radar/thermal radiation detectors for autonomous guidance. Improvement of guidance algorithms, guidance methods and counter heading by combining auto-capture due to AI and the implementation of machine vision. Using group algorithms ("drone swarms") to intercept complex targets.

Mathematical model of swarm efficiency: probability of destruction of the target by N drones: $P_n = 1 - (1 - P_d)^N$, для $P_d = 0,5$ та $N = 3$, $P_n = 1 - 0,5^3 = 0,875$ (87,5%).

2.5. Training of FPV drone operators for interception tasks.

The training of drone operators should be aimed at working out two main parameters: operator response time t_r from the moment of receiving information about the target to the launch of the drone; aiming accuracy, as the probability of hitting the target P_d depending on the operator's experience. Mathematical model for evaluating efficiency: operator efficiency E_{op} can be expressed by a formula that takes into account both reaction speed and accuracy, namely:

$$E_{op} = \frac{1}{t_r} \cdot \ln \left(1 + \frac{N_{usp}}{N_{zag}} \right), \quad \text{where } t_r - \text{ is the average reaction time of the operator}$$

in seconds, N_{usp} – is the number of successful intercepts, N_{zag} – the total number of targets in training scenarios. This allows you to quantify the effectiveness of drone operators, taking into account both speed and accuracy. To raise, E-op. It is necessary to reduce reaction time due to regular training and increase accuracy through simulation programs and error analysis.

3. The results.

The integration of fpv drones into the air defense system of a mechanized brigade as interceptors allows: to increase the air defense coverage area by 20-30%

due to fpv drones: to reduce the cost of intercepting one target from ~ USD 10,000 (the relevant cost of the missile) to ~ USD 500 (the relevant cost of the drone); reduce the response time of the system to 1-2 minutes (against 5-10 minutes for traditional anti-aircraft systems); create a multi-level anti-aircraft cover. The use of mathematical models allows you to optimize their number, areas of action and tactics of application. Achieving results depends on the automation of control, modification of drones for specialized tasks and constant training of operators.

RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE RADIO INSTRUMENTATION COMPLEX OF THE ZSU-23-4 SELF-PROPELLED ANTI-AIRCRAFT GUN

*V. Kitov, Candidate of Technical Sciences; I. Medvid; S. Chumak; D. Yatymov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The improvement of the radio instrumentation complex of the ZSU-23-4 self-propelled anti-aircraft gun should be implemented in two key areas.

The first area focuses on enhancing the intelligence capabilities for detecting and determining the coordinates of modern air targets. It is proposed to replace the existing radar with a multifunctional radar station featuring an active digital antenna array.

This will significantly boost the ZSU-23-4 self-propelled anti-aircraft gun's search target capabilities. To facilitate the detection, automatic tracking, and delivery of both target coordinates and parameters without emitting electromagnetic radiation, the system will integrate an optoelectronic system with television and thermal imaging channels, and a laser rangefinder.

The second area entails installing a device that computes the initial data necessary for engaging air targets. An industrial single-board computer is recommended for this purpose. It is designed to address the challenge of projectile-target engagement, stabilize both the line of elevation and the line of sight, and perform control operations for the radio instrumentation complex.

The system will allow for the input of weather data and the initial velocity of the projectile, as well as determine the ZSU-23-4 self-propelled anti-aircraft gun's position in space using a satellite navigation system. Stabilization of both the line of sight and the line of elevation will be conducted within the Earth's coordinate system, thereby requiring a navigation system capable of determining the pivot angles and their distribution.

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM FOR AIR DEFENSE ARMS AND MILITARY EQUIPMENT OF THE GROUND FORCES

*O. Nakonechnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Dribnytsya; S. Tymofeiv
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The functioning of the air defense arms and military equipment of the ground forces is determined by the specifics of its use in executing assigned tasks, the enemy's capabilities to counter it, the availability and effectiveness of maintenance and repair resources, the characteristics of the combat area, the reliability and

technical condition of the samples of air defense arms and military equipment of the ground forces, and the qualifications of personnel.

The effectiveness of the M&R system is highly dependent on the qualifications of personnel. Therefore, it is important to conduct a professional selection of candidates for mastering and subsequently performing the duties of maintenance and repair unit officials. The capabilities and resources of the maintenance and repair units require enhancement through the provision of automated diagnostic equipment for the components of air defense arms and military equipment of the ground forces, with the equipment being mounted on a mobile transport vehicle. Measuring equipment should be capable of performing measurements in larger volumes than originally anticipated at the start of operation of the respective sample of air defense arms and military equipment of the ground forces. The technological process of restoration needs to be modified due to incomplete spare parts availability and, at times, their complete absence. It is essential to develop and deploy an automated management system for the technological process of maintenance and repair. This system should encompass a database and specialized software. The aforementioned database should serve as a repository for all relevant information regarding air defense arms and military equipment of the ground forces. This can include both anti-aircraft vehicles and their components, as well as information on maintenance and repair facilities.

USE OF A THERMAL VISION CHANNEL FOR THE DETECTION OF SMALL AIR TARGETS BY CLOSE-RANGE AIR DEFENCE SYSTEMS

*M. Derhousov, Ph.D.; O. Romaniuk; S. Tymofieiev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A modern army cannot be imagined without unmanned aerial vehicles (UAVs). The main tasks entrusted to UAVs are fire correction, real-time data transmission, targeting and destruction of enemy targets.

Diversity in use and different types of purpose of modern UAVs predicts future development and active use.

Unmanned aerial vehicles have significant differences compared to the typical targets of the air defense systems of the Ground Forces, which complicates the organization of countermeasures due to factors such as small geometric dimensions and a small effective reflection surface of UAVs, which is additionally ensured by the use of composite materials in their design.

Therefore, the best characteristics for detecting UAVs have reconnaissance means with the shortest wavelength.

In order to prevent the disclosure of fire (starting) positions, to preserve the lives of personnel and equipment, it will be advisable to use an optical method of detection and aiming at the target. However, this method of detecting air targets does not allow detecting an air enemy at the far border of the launch zone or in the area of fire by anti-aircraft guns.

In this case, alternative methods of detecting air targets should be used.

To improve the reconnaissance capabilities of short-range anti-aircraft systems, together with the optical channel, it is advisable to use the thermal imaging channel for detecting aerial targets. This method allows you to conduct aerial reconnaissance regardless of the time of day and to provide a mode of covert surveillance.

THE DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE FLIGHT CONTROL SYSTEM FOR A MISSILE FOR ANTI-AIRCRAFT COMPLEXES WITH A THREE-POINT GUIDANCE METHOD

*D. Khitalenko; S. Kadubenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the current realities of the Russian-Ukrainian war, the battlefield situation is complicated by the large number of aerial targets and ballistic missiles.

The experience of using anti-aircraft weapons demonstrates the high effectiveness of surface-to-air missile systems, especially those based on the principle of first-generation remote control, where targeting and automatic tracking of aerial targets do not require the thermal (infrared) signature of the target. This increases the range of targets the system can engage, but a problem arises due to the large number of aerial targets, resulting in a shortage of surface-to-air missiles.

To address this issue, the idea emerged within the armed forces to use aviation missiles, which, due to their tactical, technical, and dimensional parameters, can be adapted to anti-aircraft complexes short range.

When adapting different types of missiles, real-world experiments were used, which did not always provide the opportunity to assess the missile's compatibility with the control system.

Therefore, creating models, including mathematical ones, to study the "behavior" and compatibility of a missile with the control system in which it is planned to be used is highly relevant.

This, in turn, would reduce both time and financial costs associated with experiments to select appropriate parameters for both the missile and the control system of the anti-aircraft complex during the adaptation process.

DIRECTIONS FOR IMPROVING COUNTERACTION AGAINST ENEMY UAVS BY STRIKE FPV DRONES INTERCEPTOR

*O. Kuliashov, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
I. Dzeverin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;
S. Klivets, Candidate of Technical Sciences; T. Kuliashova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Taking into account the experience gained and the prospects for further development of the use of strike fpv drones as interceptors of enemy UAVs, the task of improving counteraction to these UAVs is relevant.

The report considers the directions of improving counteraction to enemy UAVs by fpv drones as UAV interceptors.

Counteraction to enemy UAVs by strike fpv drones-interceptors is carried out in the form of air combat – armed confrontation in the air of UAV-interceptors with the aim of destroying air targets (ATs) using a warhead or by the ramming method.

The guidance of the UAV-interceptor to the AT can be carried out in manual, automated or automatic modes.

The directions of improving counteraction to enemy UAVs are the creation of several types of UAV-interceptors and the modernization of guidance systems, in particular:

- improving the algorithms for guidance and capture of the AT;

- implementing the method of proportional rapprochement with automatic capture of the AT for interception on an oncoming course;
- solving the problems of guiding UAV-interceptors to the AT by the operator using the software module of the automated workplace;
- implementing innovative solutions for the use of sensors tracking the contours of the UAV-interceptor, etc.

PROPOSALS FOR MODERNIZATION OF ANTI-AIRCRAFT ARTILLERY COMPLEXES TO IMPROVE THE COMBAT AGAINST UAVS

O. Kulieshov, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;

O. Kolomiitsev, Doctor of Technical Sciences, Professor;

S. Klivets, Candidate of Technical Sciences; T. Kulieshova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The experience of conducting combat operations indicates that the low values of the effectiveness indicators of defeating UAVs by anti-aircraft artillery complexes (AAC) necessitate the development of proposals for the modernization of these AACs to improve the fight against UAVs.

The report proposes proposals for the modernization of AACs, which provide an opportunity to improve the fight against enemy UAVs in modern conditions.

The following directions for the modernization of AACs to improve the fight against enemy UAVs are proposed:

- increasing the probability of defeating UAVs by automating the process of introducing corrections during firing;
- controlling the rate of anti-aircraft fire and reducing the reaction time of AACs;
- increasing the density of anti-aircraft fire by installing rapid-fire anti-aircraft artillery guns;
- increasing the accuracy of targeting and guiding anti-aircraft shells at an air target by eliminating recoil, shaking and vibration of the AAC during firing;
- replacement of the contact detonation system of an anti-aircraft projectile with a contactless one;
- increasing the striking ability of the warheads of anti-aircraft projectiles by increasing the number of striking elements in each projectile, etc.

INCREASING THE EFFICIENCY OF DETECTION OF HELICOPTER FIRE SUPPORT BY RADAR DEVICES OF THE 2S6 ANTI-AIRCRAFT SYSTEM

D. Sydorenko; M. Brechka, Candidate of Technical Sciences; Y. Litvinenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Throughout the Russian-Ukrainian war, the enemy continues to launch missile and air strikes on the territory of Ukraine. The enemy actively uses fire support helicopters (FSH) to ensure the effectiveness of the actions of the Ground Forces (GF). In order to reduce the time of approach and increase the combat radius of helicopters, the enemy deploys airfields near the state border of Ukraine (SBU) and in the occupied territories of Ukraine. Combating FSH is an urgent task for the air defense troops of the Ground Forces of the Armed Forces of Ukraine.

The effectiveness of the use of means of combating the air enemy can be significantly increased by solving the tasks of radar detection, recognition, assessment of the functional state of individual targets and planning their actions. As signs of recognizing FSH with propeller engines, the parameters of the propeller modulation spectra, which are caused by the rotating blades of the propellers of the engines, can be used. The model of the surface of the Mi-24 helicopter is shown, which was obtained on the basis of the method of mathematical modeling of the surface of the object of a complex geometric shape.

The radar characteristics of the Mi-24 helicopter model in different frequency ranges were analyzed. The circular average and median values of the effective scattering surface (ESR) of the Mi-24 helicopter were estimated. The main tactical and technical characteristics (TTC) of the target detection station (TTS) of the 2S6 self-propelled anti-aircraft gun (ASG) were analyzed, which affect the detection range. The detection ranges of the Mi-24 helicopter TTS 2S6 for ten-degree ranges of irradiation azimuths (conditional probability of correct detection 0.9 and 0.5) were obtained.

ANALYSIS OF TARGET ALLOCATION METHODS IN MODERN AIR DEFENCE COMBAT

N. Piskunov¹; O. Krygin²

¹Operational Command "Pivnich"

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Centralized target allocation. In this approach, one or more main command centers gather information from radars, sensors, and other sources, analyses it, and distribute targets among AD assets. Advantages: optimal resource utilization – the command center can allocate targets efficiently, preventing excessive engagement of a single target while ensuring none are missed; global battlespace awareness – a comprehensive understanding of the operational situation allows for more effective AD coordination; reduced risk of fratricide – a unified control system decreases the likelihood of multiple AD units engaging the same target unnecessarily. Disadvantages: vulnerability of command centers – if a command center is destroyed or disrupted by electronic warfare (EW), the system may lose coordination capability.

Decentralized target allocation. Under this approach, each combat unit (e.g., a SAM system or an AD battalion) independently assesses threats and decides on target engagement. Advantages: high resilience – the system remains operational even if command centers are destroyed or disrupted; faster response time – no need to wait for orders from higher command; decisions are made on-site; harder to suppress – the enemy finds it more challenging to neutralize a decentralized system, as there is no single point of failure. Disadvantages:

risk of engagement duplication – multiple AD units may engage the same target, leading to ammunition wastage; limited situational awareness – individual AD elements may lack a complete operational picture, reducing overall defense efficiency.

This concept is implemented in modern AD systems, including Integrated Air Defense Systems (IADS), which combine various AD assets into a unified, multi-layered defensive network.

INCREASING THE SURVIVABILITY OF THE WEAPONS OF AN ANTI-AIRCRAFT UNIT OF AN ANTI-AIRCRAFT MISSILE AND ARTILLERY REGIMENT IN THE COURSE OF DEFENSE

D. Lytovchenko¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. Kovtun², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Academy of the National Guard of Ukraine

Based on the analysis of the Russian-Ukrainian war on the armament of anti-aircraft units, fire is carried out by forces and means of missile troops and artillery with fire adjustment by UAVs, air strikes are carried out by tactical aircraft and strike UAVs are used to destroy anti-aircraft gun and missile systems.

Based on the data, the main threat models were proposed. Based on the adopted threat models for the elements of the combat order of the anti-aircraft missile and artillery regiment, the methodology for assessing the survivability of the SA-19 "Grison" anti-aircraft missile and artillery regiment's weapons was improved.

Unlike existing methods, this one takes into account the factors that affect the level of survivability of weapons, determines the dependence of the level of survivability on time and takes into account the peculiarities of calculating the probability of damage to the weapons of an anti-aircraft unit by enemy fire for selected threat models.

Using the proposed methodology, the survivability of the weapons of an anti-aircraft missile and artillery regiment was assessed.

The survivability of weapons is increased in two directions: measures to counteract enemy reconnaissance and reduce the effectiveness of the use of weapons by the enemy.

The complex of measures to counteract enemy reconnaissance consists of measures to reduce the damasking features of elements of the combat order and camouflage and measures to mislead the enemy.

RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF THE COUNTERACTION TO ENEMY AIR ATTACK MEANS ORGANIZATION

S. Cherkashyn; O. Tokar; O. Lezik, Candidate of Military Sciences, Associate Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Russian-Ukrainian war of 2022-2025 showed that effective air defense of the Ground Forces is based on flexibility, mobility, integration with electronic warfare and the active use of mixed tactical groups. Ukraine needs to develop its own air defense technologies and implement the latest Western solutions to preserve air sovereignty and effectively counter Russian means of air attack.

Analyzing the experience of using different types of units in the course of warfare, there is a need to develop recommendations to increase the effectiveness of counteracting enemy air attack means, namely:

- creation of a single automated air defense control system, which allows you to quickly transfer data on air threats between Armed Forces units;
- intensive use of electronic warfare systems to combat enemy drones, guidance and communication systems;

- improvement of the intelligence system for early detection of enemy aircraft and missiles at maximum distances, using a wide range of weapons;
- mass production of Ukrainian interceptor drones to combat enemy UAVs.
- integration of artificial intelligence into the air target recognition system for automatic guidance of anti-aircraft weapons.

A significant contribution to the development of combat capabilities of units involved in conducting air defense was the use and integration with fire air defense radar stations of the Rada-42 type. A positive tandem was the use of this means of radar reconnaissance paired with anti-aircraft interceptor drones.

MATHEMATICAL MODEL OF CONTROLLED MOVEMENT OF FPV-DRONE

*K. Voroshylov; S. Riazantsev; A. Chekanov; A. Kurylko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

We describe a simplified mathematical model of the movement of an FPV drone under the influence of selected forces. The force is considered to be the angular speed of rotation of four propellers, which have their own electric motors, which in turn can have different rotational speeds.

A mathematical model of any process is a description of the dynamics of this process using differential equations.

The process is considered at a fixed time interval, i.e., the initial time and the final time of the process control are set and fixed. We propose a certain mathematical model of the motion of an FPV drone moving in three-dimensional space.

A typical FPV drone model is capable of carrying a payload, filming, and more. Such actions are ensured by four screws (electric motors) that rotate the drone around its vertical axis.

Depending on the operator's actions, the electric motors can have different rotation speeds, i.e., changing the angular speed of the screws, to fulfill the tasks of the FPV drone.

For lifting and lowering, all the screws rotate at the same speed; to move sideways, you need to speed up the rotation of the screws on one side and slow down on the other; to turn, you need to speed up the screws that rotate clockwise and slow down counterclockwise.

Applying the well-known method of linearization of nonlinear differential equations and considering small movements of the system, i.e., over a small period of time, the control problem of transferring the system from a given initial state to a given final state can be solved by means of program control for a linear system.

COMPARISON AND ANALYSIS OF THE COMBAT AIRCRAFT FLEETS OF RUSSIA, UKRAINE, EUROPEAN COUNTRIES AND THE WORLD COUNTRIES

*S. Korsunov; M. Oboronov; O. Kryhin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The full-scale war unleashed by Russia in Ukraine forced a rethinking of the concepts of national and collective security. She confirmed that the greatest threat to troops and facilities comes from the air. An analysis of the availability and quality of combat aircraft of Russia, Ukraine, European countries and the world was carried out.

Attention is paid to countries that are involved in negotiation processes or support Ukraine, as well as countries that have a large air fleet and can influence the balance of power in the region. It was concluded that after the end of the Cold War, most countries reduced their combat aircraft. They optimized the composition, adopting more powerful and versatile aircraft that can perform the task of hitting air and ground targets with a smaller composition.

The report examines in detail changes in the quantitative and qualitative composition of combat aircraft of the specified countries during 2010-2024.

It was concluded that most of the aircraft in Russia's aviation fleet were produced during the times of the USSR, but thanks to deep modernization and the availability of the latest aircraft, its combat aviation is competitive with the aircraft of Western countries.

European countries have a small number of aircraft. They update their aircraft, continue to reduce the number and narrow the assortment.

Asian countries are trying to get rid of technological dependence on Russia and independently develop combat aircraft. Attempts are being made to promote them to regional and world markets.

The countries of the Middle East are increasing their fleet of combat aircraft, focusing on equipping the army with modern aircraft.

DISTRIBUTION OF MOBILE FIRE GROUPS BY TARGETS

N. Piskunov¹; O. Yasynskyi²

¹Operational Command "Pivnich";

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern combat operations demonstrate that unmanned aerial vehicles (UAVs) have become one of the primary threats on the battlefield. Mobile teams, equipped with heavy machine guns (HMGs), can effectively counter this threat if fire is properly organized and target distribution is clear. This can be achieved by fulfilling such points Target Detection and Classification – Using radar, optics, and observation posts to identify the type of UAV. Sector Responsibility Distribution – Each team controls its designated sector to avoid chaotic firing.

Threat Prioritization – Kamikaze drones are targeted first, followed by strike and reconnaissance UAVs. Lead Calculation – Predicting the future position of the target to improve fire accuracy. Fire Optimization – Short, aimed bursts to conserve ammunition and enhance strike effectiveness. Team – Teams mounted on pick-ups or armored vehicles can reposition to improve firing positions. Flexible Target Distribution – Quick redirection of fire between teams depending on changes in the battlefield situation. Real-time Fire Adjustment – If the target is not destroyed, the aiming point is corrected or the team executing the fire is changed. Effectiveness Analysis – Evaluating shooting results and implementing tactical adjustments.

Interaction with Other Units – Passing coordinates to other forces to enhance the effect of the strike. Maximum Efficiency – Ensuring rapid destruction of most UAVs with minimal resource expenditure. Correct target distribution allows for the most effective use of HMGs in UAV destruction, reducing the threat to positions and units. Clear sector division, lead calculation, flexibility, and coordination between teams help minimize ammunition expenditure and rapidly eliminate aerial threats.

DEVELOPMENT OF OPTIMAL METHOD FOR SEARCHING FOR AIR TARGET BY A TARGET DETECTION STATION WITH A PHASED ANTENNA ARRAY OF A ANTI-AIR MISSILES COMPLEX

*S. Piskunov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
H. Levahin², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Prokhorenko¹
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Missile programs office of the Ukrainian Army*

This paper considers the problem of improving the algorithms for surveying the working area for a radar with a phased array in the air target search mode. To solve the problem, an approach is proposed related to the discretization of the survey process, both in time and in state. The area in which the targets move is divided into cells, each of which is identified with a certain target position. Based on the analysis of the energy characteristics of the radar, the main control parameters of the station are determined. To solve the problems of optimal control of the distribution of energy resources during zone survey in search mode, it is advisable to use a mathematical apparatus based on the Pontryagin maximum principle in discrete form. The maximization of the average Shannon amount of information in observations was chosen as the optimality criterion. Based on the developed method of optimal survey control for radar with PHA in air target search mode, an algorithm for optimal control of the search for an unknown number of moving targets was synthesized. Using a PC, mathematical modeling of the operation process of the survey radar was carried out, which implements the developed algorithm of controlled survey. For comparison, an algorithm with a uniform distribution of search efforts across the cells of the survey zone and their sequential (in time) survey was used. Analysis of the results of mathematical modeling shows that when using the algorithm of optimal survey control in search mode, the target search time is reduced by 20-50%, the radar throughput increases by an average of 15-20%, and the quality of target service does not deteriorate.

ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR DEPLETING ENEMY AIR DEFENCE

*N. Piskunov¹; V. Voinov², Candidate of Technical Science, Associate Professor;
O. Kravtsov³
¹Operational Command "Pivnich";
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
³School of Training of Air Defense Units of the Training Center*

Modern methods of depleting enemy air defense are based on combined attacks, electronic warfare, and the destruction of air defense assets.

Key approaches to addressing this issue:

Mass drone attacks – force the enemy to deploy a large number of mobile fire groups and use expensive (or limited) munitions such as anti-aircraft missiles and large-caliber ammunition.

Mixed and prolonged waves of strikes – the combination of drones, decoys, missiles, and aviation overwhelms and exhausts the air defense system, effectively disrupting the operation of command posts and contributing to both physical and psychological fatigue among personnel engaged in air defense combat.

Electronic warfare – suppression of radar reconnaissance systems and the creation of false targets.

Cyberattacks – disabling automated air defense control systems and disrupting information exchange lines.

Decoy targets – force anti-aircraft systems to expend missiles and ammunition on false threats.

Strikes on command posts, fire assets, reconnaissance systems, and supply depots – dismantle critical elements of the air defense network.

Modern strategies for depleting enemy air defense are built on a multi-layered approach that encompasses psychological, physical, electronic, and cybernetic dimensions. The primary objective is to force the enemy to deplete limited resources, expose defensive systems, and weaken their ability to effectively protect forces in subsequent phases of combat operations.

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE EXPLOSION AND FIRE SAFETY SYSTEM OF CRITICAL MILITARY INFRASTRUCTURE

S. Boiko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The system of explosion and fire safety of critical military infrastructure facilities should ensure comprehensive counteraction to possible threats through the effective operation of technical means, organizational measures and personnel readiness to act in emergency situations. Evaluation of the effectiveness of this system allows us to determine its state and opportunities for improvement, and the substantiation of indicators and criteria for assessing the effectiveness of fire safety systems at military airfields will increase their safety and combat readiness.

The effectiveness of the security system is assessed by the following main groups of indicators: technical, organizational, economic, and tactical. The following criteria are used to assess the effectiveness of military airfield security systems: reliability, reactivity, adaptability, complexity, and economic feasibility.

For an objective assessment of the system, we use methods such as risk analysis, security audit: verification of compliance with regulations and NATO standards, simulation modeling, and expert evaluation.

In order to effectively manage security, it is necessary to use risk management methods, such as threat identification, assessment of probability and consequences, development and implementation of preventive measures. A risk-based approach allows for timely identification and minimization of possible threats to ensure the smooth operation of the airfield complex.

The use of modern assessment methods, regular monitoring and improvement of the security system will help reduce risks and increase the level of readiness of military airfields for potential threats, including military aggression.

ASPECTS OF TARGETING AN ANTI-AIRCRAFT DRONE

A. Chekanov; S. Riazantsev; A. Kurylko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the leading countries of the world, alongside the development and modernization of traditional types of armaments and military equipment (AME), there is intensive development and use of unmanned aerial vehicles (UAV) and

means of destructive influence on air targets in recent military conflicts. The presence, development, and application of domestic unmanned technologies necessitate the creation of a new class of high-efficiency air defense systems, which will influence the improvement of air defense (AD) system efficiency. One of the primary tasks and development pathways for an anti-aircraft drone-interceptor (AAD) is to develop a method for the effective guidance of the AAD drone according to the selected targeting method while performing the combat task.

Solving this problem enables the introduction of the "Kalka" software-hardware complex, which allows the use of any radar (Radar Location System – RLS) capable of reliably tracking the target's position to guide the AAD drone in a navigational mode, without interfering with the RLS equipment or requiring modifications to it. The hardware complex consists of a personal computer (laptop) and a transparent touch screen. The screen is placed over the RLS indicator and adjusted in scale and position using a sensor. The screen displays the current position of the AAD and the calculated meeting point. Through the transparent screen, the target's current position is visible. The operator periodically marks the current position of the target using the sensor on the transparent screen, inputting its position into the software system. Based on this information, the software calculates the meeting point and displays it on the transparent screen. The operator, using this information, assists the pilot in bringing the AAD to the meeting point for visual target detection and subsequent destruction.

ENHANCING UAV RADAR DETECTION THROUGH COMPUTER MODELING

Yu. Halkin

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The successful execution of UAVs radar detection tasks is a crucial component in ensuring effective countermeasures against such aerial objects. The work presents a comprehensive analysis of promising directions and challenges in improving radar detection of UAVs of various designs and sizes. The obtained results allow us to draw the following conclusions:

- Accurate recognition requires identifying unique radar signatures of UAVs;
- Considering the tactics of UAV application allows for the optimization of radar data processing algorithms;
- A combination of active and passive methods in multistatic radar systems is effective for target detection;
- Reducing the carrier frequency, bandwidth, and integration time does not significantly affect polarimetry information;
- The effectiveness of radar observation of UAVs can be enhanced by adapting systems to changing radar detection conditions;
- It is advisable to create spatially coherent multi-radar systems by combining two to four surveillance radars.
- The scattering characteristics of UAVs are a valuable source of information for optimizing probing signals, data processing algorithms, and machine learning;
- To optimize the parameters and structure of the probing signal, it is advisable to use mathematical modeling;
- Further research on the scattering characteristics of UAVs should take into account their typology, design features, and radar conditions.

The developed conclusions emphasize the importance of implementing a comprehensive approach to solving the challenges of improving radar detection of UAVs of various designs and sizes.

RADIO-THERMAL RADIATION FROM NATURAL AND ARTIFICIAL OBJECTS

V. Kudriashov¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

O. Kolomiitsev², Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. Kitov³, Candidate of Technical Sciences; R. Oliinyk⁴

*¹O.Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics
of the National Academy of Sciences of Ukraine;*

²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";

³Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*⁴State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

The spectral radiation density of real bodies and objects depends on two physical characteristics: the absorption coefficient and the absolute temperature. It is not always convenient to operate with two heterogeneous characteristics, especially when you have to compare different radiating bodies and objects with each other. Therefore, in radio heat localization, a value equal to the product of the absorption coefficient and the absolute temperature is used, which is called the radiant temperature of the emitter.

The radiant temperatures of some bodies and objects may depend on the wavelength due to the effect of the wavelength on the absorption coefficient. Moreover, objects that are highly reflective do not produce strong intrinsic radiation. For example, the radio bright temperatures of metal objects and coatings do not exceed 10-20°C. Metal objects can intensively re-radiate (reflect) the incident radio-thermal radiation from extended (background) sources (earth's surface, clouds, etc.).

The report presents the results obtained during the determination of the radio brightness temperature and the temperature of the emitter, which is equal to the absolute temperature of an ideal emitter. It is noted that an ideal emitter creates its own radiation, which is equal to the total radiation of a real emitter.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF OPTOELECTRONIC SYSTEMS WITH LASER EMITTERS FOR DETECTION, TARGETING, AND ENGAGEMENT OF AERIAL TARGETS

A. Hnatenko¹, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;

A. Hulak¹; S. Hulak¹; V. Sidorov², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

¹Kharkiv National University of Radio Electronics;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Detecting and neutralizing unmanned aerial vehicles (UAVs) is particularly challenging due to low visibility and small geometric dimensions of the latter. To counter this threat, there is a growing need for the deployment of missiles equipped with proximity-fused high-explosive fragmentation warheads or the use of concentrated small arms fire. From an efficiency-to-cost perspective, small arms have proven to be an effective means of protecting civilian infrastructure from UAV

attacks. This effectiveness has been demonstrated through the combat operations of mobile fire groups.

However, to further enhance their performance, these groups require additional detection and targeting systems. To address this, calculations and experimental studies have been conducted to develop a laser NIR active illumination system. One of the key advantages of NIR visualization is its ability to penetrate certain materials while maintaining high sensitivity and resolution, particularly in low-light conditions.

A prototype of the laser NIR active illumination system has been developed. A real-time image acquisition system has been designed, incorporating a built-in video camera seamlessly integrated with standard Android devices and powered by proprietary software. Additionally, efforts have been undertaken to develop a similar system optimized for operation in high-humidity conditions, including fog. Furthermore, proposals have been put forward for the LWIR system deployment to further enhance UAV detection and targeting capabilities.

RECOMMENDATIONS FOR THE SELECTION OF PARAMETERS OF AXISYMMETRIC ANTENNA ARRAYS FOR ADVANCED INERTIAL-FREE RADARS FOR DETECTION AND CUEING OF AIR DEFENCE WEAPONS

*A. Shevchenko¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Nazarov¹; O. Filippenkov², Ph.D.*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

*²State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

The present study explores the intricacies of the current combat employment of short-range (SHORAD) and very short-range air defence (VSHORAD) systems of the Land Forces of Ukraine. This is further characterised by the dense flows of small-sized targets operating at extremely low and low altitudes from zero to supersonic speed range.

This poses significant challenges to the performance of SHORAD and VSHORAD detecting and tracking radars. The reduction of the radar's scanning time for 360° bearing coverage is difficult to achieve by mechanical beam steering. However, a substantial reduction of the time-per-scan rate can be achieved by implementing Multiple Input Multiple Output (MIMO) radar technologies in conformal antenna arrays with axial symmetry.

The elaboration of requirements for electrical and design parameters of such antenna systems is complicated by the distribution of non-harmonic discrete radiators on curved surfaces. The present report sets out the directivity analysis methodology of axisymmetric dipole arrays in the frequency domain applicable for non-harmonic excitation cases. The paper goes on to present the simulation results of array directional and frequency characteristics obtained by a proposed methodology.

The recommendations for amplitude and phase distributions, frequency and polarization features are given to find the optimal design parameters of antenna arrays with axial symmetry for MIMO radar applications.

FEATURES OF THERMAL RADIATION OF OBJECTS IN THE RADIO RANGE

*V. Kudriashov¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
O. Kolomiitsev², Doctor of Technical Sciences, Professor;
V. Bielimov³, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; M. Bielous³
¹O.Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics
of the National Academy of Sciences of Ukraine;
²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";
³Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is known that heated bodies (objects) emit light waves, infrared waves, and ultraviolet waves, the wavelengths of which are shorter than the previous ones. The intensity of thermal radiation is constantly changing. The magnitude and speed of changes are unpredictable.

Therefore, thermal radiation differs from generated radiation.

First, thermal radiation covers a very wide range of wavelengths.

Secondly, the power and spectral density of thermal radiation do not remain constant and fluctuate continuously.

Thus, consideration of the features of thermal radiation of objects in the radio range is an urgent scientific task.

The report describes the features of thermal radiation of objects in the radio range. The physical essence of thermal radiation of any substances and objects is considered. The basic laws of thermal radiation are presented. Calculations of the spectral density of an object's radiation as a function of frequency and its temperature are given.

Some properties of thermal noise of active resistances are noted. This noise is generated in any active resistances, its spectral density is constant from very low frequencies to millimeter and submillimeter frequencies. Thermal noise currents are created in any imperfect conductor and are the result of the chaotic thermal movement of elementary charged particles.

KEY FEATURES OF A COMPUTATIONAL MODEL DEVELOPMENT REQUIRED FOR DETERMINING THE OPTIMAL IRRADIATION WAVELENGTH OF AN AIR TARGET IN PRESET SCATTERING AREA SIMULATION

*V. Voinov¹, Candidate of Technical Science, Associate Professor;
H. Ivanets¹, Candidate of Technical Science, Associate Professor;
M. Ivanets², Candidate of Technical Science, Senior Researcher; L. Khrol¹
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²State Research Institute for Testing and Certification of Weapons and
Military Equipment*

Maintaining the combat readiness of the Land Forces' air defense units requires conducting a sufficient number of military exercises using combat systems capable of engaging modern air targets that simulate enemy air attacks. When preparing for exercises with existing air targets based on spherical Luneberg lenses with specified parameters, it is essential to take a rational approach to planning the feasibility of using specific radar systems operating within a designated wavelength range.

When developing a model to estimate the radiation wavelength of airborne targets using spherical reflectors (Luneburg lenses) to simulate targets with a known

effective scattering area, it is crucial to account for the fact that manufacturing Luneburg lenses involves discrete variations in dielectric constant and additional design imperfections, which reduce the effective scattering area compared to the theoretical value. To compensate for this decrease, the actual wavelength of the simulator irradiation should be less than the theoretical one by the factor of $\sqrt{K_{3H}}$, where K_{3H} is the coefficient of reduction of the lens's effective scattering area.

Thus, the use of such a model will allow a reasonable approach to estimating the real radiation wavelength of existing airborne models to provide simulation of air targets with a known effective scattering area.

FORECAST OF THE EFFECTIVENESS OF ANTI-AIR DRONE APPLICATION

*S. Riazantsev; A. Chekanov; I. Zahoruiko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The relevance of this study is driven by the growing threat posed by enemy unmanned aerial vehicles (UAVs). The shortage of surface-to-air missile systems (SAMs) and the need to conserve missiles encourage the search for alternative air defense solutions. Anti-air drones can be an effective solution due to their maneuverability, flexibility, and cost efficiency.

This study examines the effectiveness forecast of using an anti-air drone to counter enemy UAVs.

The goal of this research is to develop a mathematical model for assessing the effectiveness of an anti-air drone in intercepting and destroying enemy reconnaissance UAVs.

The study describes the critical stages and features of deploying an anti-air drone against aerial targets, including: target detection, target tracking and guidance, target elimination.

The research formulates a system of hypotheses and assumptions that take into account: the flight dynamics of both the anti-air drone and the target, the probability of successful detection, interception, and destruction of the target, the impact of external factors such as weather conditions and electronic warfare (EW) countermeasures.

The analytical formalization of this process enables a quantitative assessment of anti-air drone effectiveness based on parameters such as: operational range, reaction time, attack success probability, operational cost per engagement.

As a result, a mathematical model has been developed to predict the effectiveness of an anti-air drone in various scenarios.

RESULTS OF IMPROVING THE TURRET FOR THE MACHINE GUN

*V. Voinov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Makarets²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Limited Liability Company "OMEGA-HFC"*

In the context of modern warfare and the rapid development of UAVs, it is an urgent task to improve and develop means of countering them. One of the possibilities to defeat low-flying targets is to implement a turret for mounting and aiming a machine gun that has sufficient firepower to perform the task.

The key disadvantage of existing analogues is that the shooter is standing while firing. In designs where the shooter is standing, the angle of the shot is practiced by bending the shooter's knees (crouching). At angles of 30 degrees or more, the shooter is physiologically unable to accurately align the aiming line with the air target. In addition, when practicing azimuth, the shooter cannot move his legs freely, as he is hampered by the power elements of the turret structures in the limited space of the pickup body, which also leads to inaccurate firing. In addition, when following a target in azimuth and angle, there are sectors of the azimuth where the shooter's centre of gravity is outside the pickup body, which in some cases leads to the shooter falling out of the body and being injured.

The proposed design does not have the above disadvantages. The shooter is sitting. Azimuth guidance is freely performed with the legs 360 degrees without interference from power structures in the confined space of the pickup body and outside the process of angle guidance.

Angle of aim is performed by hand in the vertical plane with the help of parallelograms of the sight mechanism, which maintains the sight line at the level of the shooter's eyes and the barrel channel axis while changing the angle of aim from 15 to 85 degrees.

PROMOTION OF AN INTEGRATED METHOD FOR PROTECTING OBJECTS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE

H. Dementiuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Protection of critical infrastructure facilities is one of the priority tasks of Ukraine in the context of the Russian-Ukrainian war. Given the constant enemy attacks on energy, transport, communication and other systems, the protection of these facilities is of crucial importance for national security. In the context of massive attacks from Russia, existing air defense and electronic warfare capabilities do not always provide effective protection of critical infrastructure facilities.

Therefore, the question arises of implementing a comprehensive method of protecting critical infrastructure facilities from the destructive impact of air attack weapons based on changes in background contrast and the effective scattering area of critical infrastructure facilities.

This will reduce the likelihood of destructive impact on critical infrastructure facilities of cruise missiles with radar guidance methods and cruise missiles with correlation-extreme guidance algorithms.

Protection of critical infrastructure facilities from the destructive effects of cruise missiles with radar guidance methods is proposed by changing the radar portrait of the reference image embedded in the cruise missile guidance system.

The reference image of critical infrastructure facilities can be changed using the creation of false targets, taking into account the effective scattering area of critical infrastructure facilities of protection and geometric angular reflectors, parameters of the probing signal of air attack means, guidance methods.

The proposed comprehensive method for protecting critical infrastructure facilities was implemented at two critical infrastructure facilities and ensured their reliable functioning.

THE STRATEGIC ROLE OF LANGUAGE SKILLS IN UKRAINE'S DEFENCE AND NATO INTEGRATION

M. Serhieiev

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The ongoing russian aggression since 2014 and the full-scale invasion in 2024 have underscored the need for language skills among Ukrainian military students. Beyond mastering their military professions, they must effectively communicate with NATO representatives during joint training and while using new equipment from international partners. Many prepare through exchange programs and multinational exercises, applying language skills in real-world military settings.

Language training for Ukrainian military personnel aligns with STANAG 6001 standards, ensuring effective NATO cooperation. Since joining the program in 2001, Ukraine has prioritized listening and speaking skills, especially for officers acting as translators between NATO instructors and soldiers with limited English proficiency.

Interestingly, military students often outperform civilian translators in military contexts due to their familiarity with procedures, equipment, and terminology. Civilian translators, by contrast, may struggle with specialized terms, particularly in air defense, artillery, and aviation.

Beyond oral communication, reading and writing skills are essential. Understanding technical manuals is crucial for operating NATO-standard equipment, and prior STANAG 6001 training enhances comprehension. Writing is equally important in military research, where students contribute to operational projects.

As NATO collaboration deepens in response to russian aggression, language proficiency remains vital. Whether translating in field exercises or mastering technical documentation, Ukrainian military students are proving the critical role of their linguistic training in modern defense.

PROBLEMS OF MODERN SIMULATORS CONSTRUCTION AND WAYS TO SOLUTION THEM

V. Beizym

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern simulators play an important role in the training of military personnel. However, not all simulators presented on the market meet modern requirements and provide the proper level of training. In this regard, the issue of choosing high-quality and effective simulators is extremely relevant.

One of the main problems is the inadequate design of simulators, errors, incompleteness, defects in algorithms and models. Such products cannot be considered a full-fledged simulator, but rather a training manual or model.

Training manuals and models can be useful at the initial stages of training, but they do not provide the formation of the necessary skills and weapons skills.

Checking the quality of simulators is a difficult task. Often, the functional characteristics of simulators are described briefly and do not have a methodology for their verification. Some suppliers deliberately do not provide a detailed description of the characteristics, which makes it difficult to assess the quality of the simulator.

Suppliers of exercise equipment often use marketing tricks, such as modern names ("simulator", "multimedia"), the use of trendy technologies (MVR), and filming high-quality commercials.

The identification of deficiencies is facilitated by military personnel with combat experience, experienced instructors, and comparisons with other, higher-quality simulators.

The problem of low-quality simulators is a serious obstacle to ensuring effective training of military personnel. Solving this problem requires a comprehensive approach that includes the development of clear requirements, increased supplier responsibility, independent quality assessment, and the active involvement of experienced specialists.

PROTECTION OF TEMPORARY POSITIONS FROM UAV IMPACT

*R. Popadyuk; V. Yaroshchuk; A. Volkov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the Russian-Ukrainian war, the enemy has been widely using attack drones to destroy our equipment and weapons. In order to increase the survivability of air defense units against UAV attacks (Lancet type), temporary positions are equipped with stretched anti-lancet nets and wires (if possible) to create obstacles for the approach of UAVs with a large wingspan.

The main task of this protection is to prevent an attack UAV with a large wingspan from breaking through to the targets or at least to change its flight path and thereby deflect the jet of munition explosion products (cumulative jet).

For the manufacture of such a mesh, a cable with a diameter of 4...8 mm is used, with a mesh size of no more than 40-50x40-50 cm. The greatest protection effect is achieved when the mesh is stretched at a distance of 1-1.5 m or more from the equipment.

Keep in mind: UAVs move at fairly high speeds (80-120 km/h), so it is likely that this protection will be torn or broken as a result of an explosion or kinetic impact (it can withstand 2-3 hits from a Lancet-type UAV).

In addition, the cables may be torn or broken for non-combat reasons: due to strong winds, breaking branches, etc. Therefore, the unit needs to constantly check the condition of the protection, repair it, and in areas of concentration, produce new sets of protection to replace damaged ones.

This defense can protect against the effects of a direct attack by enemy air defense assets, but it should be understood that the preservation of air defense systems is a set of survivability measures that the personnel of the units are working on.

COMBAT USE ANALYSIS OF THE AN/TWQ-1 AVENGER AIR DEFENCE SYSTEM IN COVERING CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES FROM AIR ATTACK MEANS

*D. Rybalko; A. Bolohov; B. Landar
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the Russian-Ukrainian war, the enemy constantly uses a wide range of air attack means (AAM) not only against troops fighting on the front line (FL), but also strikes at critical infrastructure. The Armed Forces of Ukraine are armed with a

variety of air defence systems to combat AAMs. With the introduction of the American AN/TWQ-1 AVENGER, the capabilities of the Ukrainian Armed Forces to provide cover against the AAMs have increased significantly. It has high mobility and fairly compact dimensions, and is equipped with a special rotary launcher for eight FIM-92 Stinger missiles. The rotating prosthetic turret is mounted on a High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle (HMMWV). The sensor system consists of a laser rangefinder (LRF), an forward-looking infrared receiver (FLIR), an FLIR monitor, an automatic video tracker (AVT) and an optical sight.

It is mounted on the right turret launcher beam. The machine gun is primarily used to cover the missile dead zone and for limited self-defence. It is equipped with a shock absorber and fires at a rate of 950 to 1100 rpm with an optimum rate of 1025 rpm. A basic load of 200 rounds is stored in the ammunition box. A possible modification with an enlarged 250-round magazine is possible. The remote charger, mounted on the rear machine gun mount, is an electromechanical cocking device that is remotely controlled by the "ARM" switch on the firearm operator's panel or the "WEAPONS" switch on the Remote Control Unit. This allows the operator to put the machine gun into safe mode (SAFE), load (ARM) or reload (SAFE/ARM) as required. The analysis of the use of this weapon shows its high efficiency in defeating helicopters, aircraft and unmanned aerial vehicles, both at the FL and in covering critical infrastructure.

DECISION-MAKING SUPPORT INFORMATION SYSTEM IN THE FIELD OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT PROCUREMENT

V. Reshetnik¹, Candidate of Technical Science, Senior Researcher;

O. Romaniuk²; O. Piskunov³

¹Kharkiv National University of Radio Electronics;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

³Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

The contradiction between the limited financial capabilities of the state and the growing needs of the Armed Forces of Ukraine is proposed to be resolved using modern information technologies and algorithms of multi-criteria optimization. This will reduce subjective factors and risks for the decision-maker, provide him with reasonable and objective proposals. The Decision Support Information System (DSIS) is considered as a set of information and analytical tools that are designed to collect, process, analyze and present information necessary for making rational decisions in conditions of uncertainty, importance and limitations. The decision on the purchase of weapons and military equipment is made on the basis of an analysis of its characteristics, performance indicators and limitations. To build a generalized criterion for the effectiveness of the weapons and military equipment system, it is proposed to use the ideal point method, which allows you to obtain the optimal solution. The distance of partial exponents to the optimal point is measured using the Euclidean metric. The components of the DSIS are the user interface, the database and the analytical subsystem. The database contains the characteristics of weapons and military equipment systems, which are ordered by types and samples. The analytical subsystem performs information processing, evaluation of partial performance indicators, formation and calculation of values of the generalized efficiency criterion according to the appropriate algorithms. The results of the assessment of the generalized effectiveness criterion are provided for the selected group of weapons and military equipment samples to the decision-making person.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКИХ БЕЗЕКІПАЖНИХ АПАРАТІВ (СИСТЕМ, КОМПЛЕКСІВ) ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ МОРСЬКИХ (ВОДНИХ) АКВАТОРІЙ

*А.А. Соловйов; М.М. Костащук; В.В. Пальчиков; Ю.У. Джуманязов
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Досягнення успіху у боротьбі з противником значною мірою залежить від обраної стратегії та наявних сил і засобів. В умовах триваючої агресії російської федерації проти України з урахуванням значної переваги противника у загальних військових спроможностях важливим чинником є використання високотехнологічних способів і засобів впливу та усунення воєнних наслідків на звільнених територіях. Одним з таких засобів є, безумовно, морські безекіпажні апарати. Аналіз досвіду відбиття агресії російської федерації проти України силами оборони держави висвітлює тенденцію щодо суттєвого зростання інтенсивності та масштабів використання морських безекіпажних апаратів. У воєнних сценаріях на морі суттєво зросла роль новітніх засобів збройної боротьби, у першу чергу – морських безекіпажних апаратів, як в ході ведення активних бойових дій, так і в ході розширення морських логістичних маршрутів, знешкодження мінних полів у морських (водних) акваторіях. Морською доктриною України на період до 2035 року та Стратегією Військово-Морських Сил Збройних Сил України передбачено створення нових бойових платформ та новітніх зразків озброєння, у тому числі морських безекіпажних апаратів розмінування.

Водночас, аналіз поточної та прогнозованої воєнно-стратегічної та оперативної обстановки в Азово-Чорноморському регіоні, в руслах річок Дніпро та Сіверський Донець засвідчує про доцільність переходу до ведення збройної боротьби на воді з використанням малорозмірних багатоцільових носіїв зброї та морських роботизованих апаратів, в тому числі і в ході проведення розмінування морських (водних) акваторій.

ПРИЛАД ПРОСТОРОВОГО АКУСТИЧНОГО ЗОРУ ТА ПЕЛЕНГУВАННЯ

*А.Д. Єгоров, к.ф.-м.н.; В.А. Єгоров, к.ф.-м.н.;
С.А. Єгоров, Ph.D.; О.В. Соболяк, к.ф.-м.н.
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Масоване використання БПЛА в умовах сучасної російсько-української війни викликає потребу у різноманітних засобах виявлення і цілевказання. Одним з них, наряду з радіолокаційними, радіотехнічними та оптоелектронними методами є акустичний, що має як переваги (пасивний режим, можливість застосування в умовах обмеженої видимості, низьку вартість), так і недоліки (обмежену дальність, низьку швидкість розповсюдження звуку, наявність завад).

Для перевірки можливостей акустичних методів був створений експериментальний зразок, що включає приймальну систему з 8 мікрофонів,

засоби синхронного цифрування та передачі аудіоданих у мікрокомп'ютер Raspberry Pi який виконує функції обробки та відображення. Алгоритм обробки послідовно виконує частотну фільтрацію, локалізацію напрямку приходу звуку за методом Батлера і оцінку потужності звуку з кожного із напрямків. На індикатор виводиться кругова діаграма у вигляді “водоспаду” де інтенсивність звуку з кожного з напрямків розраховується через 1° та відображається в умовних кольорах. Крім того визначається пеленг на найбільш гучне джерело та відображається в цифровому вигляді на екрані.

Випробування показали можливість виявлення БПЛА типу “мультикоптер” на відстані до 100м, точність визначення пеленгу краще ніж 3° .

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ТАНКА ПІД ЧАС ПРОТИДІЇ ЗАСОБАМ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ

В.Р. Баган¹; Б.О. Мельник², к.т.н.; В.М. Сенаторов², к.т.н., доц.

¹Науковий центр Сухопутних військ Національної академії Сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного;

²Центральний Науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

Досвід сучасних бойових дій, зокрема антитерористичної операції та операції об'єднаних сил на Сході України у період з 2014 по 2022 рік, а також повномасштабної російської агресії проти України, яка триває з 24.02.2022 року, переконливо свідчить, що танки і далі відіграють основну роль на полі бою, оскільки вони є найбільш ефективними бойовими засобами, які можуть застосовуватися на особливо важливих стратегічних і тактичних напрямках збройного протистояння.

З врахуванням надходження міжнародної технічної допомоги, Збройні Сили України укомплектовуються основними бойовими танками, які мають багатопільове призначення та характеризуються високим рівнем сучасних бойових властивостей, а саме: висока вогнева потужність, захищеність та живучість, рухомість і командна керованість, а перспективним напрямком розвитку є надання їм зенітних властивостей для захищеності від засобів повітряного нападу (ЗПН). Задля ефективного використання цих властивостей необхідна інформація про дальність виявлення цілі.

У доповіді представлено математичний апарат, за допомогою якого можна априорі розрахувати дальність візуального виявлення різних типів ЗПН у випадку їхньої загрози та атаки на танк при різних чинниках впливу, а також визначати час підльоту цілі при її відомій швидкості. Це дає можливість ефективно використовувати зенітні властивості озброєння танка при боротьбі із ЗПН.

МЕТОДИ ТЕСТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

А.О. Кіцера; О.І. Сечко; Р.В. Кочан, д.т.н.

Національний університет “Львівська політехніка”

Розподілена система акустичного моніторингу отримує, обробляє та візуалізує дані від сенсорів. Тестування спрямоване на перевірку коректності прийому, обробки та відображення цих даних у різних умовах експлуатації, зокрема при зміні кількості сенсорів, умов зв'язку та кількості цілей.

Функціональне тестування охоплює всі етапи: отримання даних, передавання на сервер, збереження та візуалізацію. Оцінюється правильність часових міток, узгодженість координат та актуальність оновлень на карті.

Продуктивність та стрес-тестування визначають ефективність роботи системи при високих навантаженнях, зокрема при збільшенні кількості сенсорів або обробці великої кількості цілей. Оцінюється затримка передачі даних, швидкість оновлення карти та масштабованість системи.

Додатково можна задавати тестові сценарії для перевірки роботи системи в різних умовах, включаючи зміну щільності сенсорної мережі, моделювання руху цілей за заданими маршрутами та змінну частоту оновлення даних. Це дозволяє оцінити гнучкість та адаптивність системи до реальних ситуацій.

Результати тестування допомагають оптимізувати систему, зменшити похибки у визначенні місцезнаходження цілей та забезпечити її надійну роботу в умовах бойового та цивільного використання.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗЕНІТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ ЗАСОБАМИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРТЬБИ

С.О. Кравченко¹, к.військ.н., доц.; К.М. Горбачов¹, д.філос.;

К.М. Ткаченко³, д.філос.

¹Національний університет оборони України;

²Національна академія Національної гвардії України

До теперішнього часу, використовуючи якісний стрибок у розвитку військової радіоелектроніки за загальної технологічної переваги, імовірний противник створив високоефективні системи розвідки та наведення високоточної зброї (ВТЗ), арсенал якої зокрема зброя класу “земля-земля” та “повітря-земля” досягає близько 1 мільйона одиниць. Можливість масованого застосування ВТЗ, що знайшла своє відображення в концепціях ведення бойових дій противника типу “повітряно-наземна операція”, “боротьба з другими ешелонами”, внесла докорінні зміни в структуру засобів ураження противника. При цьому у противника вперше з’явилася можливість вирішення завдань вогневого ураження за допомогою звичайної зброї не тільки в тактичній, а й в оперативній глибині оборони наших військ.

Аналіз оперативно-тактичних умов функціонування зенітних засобів дав змогу виокремити особливості їхнього бойового застосування під час масованого впливу ВТЗ противника та розділити їх умовно на три зони використання ВТЗ – тактичну, оперативно-тактичну й оперативну. Це дало змогу обґрунтувати загальні напрямки боротьби з ВТЗ, які полягають, по-перше, у підвищенні ефективності зенітних засобів щодо захищеності об’єктів, які прикриваються; по-друге, у підвищенні живучості зенітних засобів за рахунок комплексування зенітних засобів із засобами РЕБ. Основними принципами такого комплексування є забезпечення стійкості та скритності функціонування зенітних засобів і засобів РЕБ, а також їхньої електромагнітної сумісності, взаємного інформаційного обміну між ними з виявлення засобів повітряного нападу, ВТЗ та з управління засобами РЕБ і вогневими засобами зенітних ракетних комплексів.

Для вирішення завдань радіоелектронного придушення систем ВТЗ може бути застосовано широкий арсенал засобів: аерозолі, хибні теплові цілі, станції некогерентних завод, лазери, станції шумових і ретрансляційних завод та інші.

Однак ці засоби, як правило, мають досить високу ефективність у порівняно вузькій області умов бойового застосування, що вимагає створення комплексів РЕБ, які являють собою сукупність різних, функціонально пов'язаних засобів створення перешкод, розвідки та управління. У цих умовах одним з основних завдань є завдання обґрунтування доцільного варіанту складу комплексу РЕБ. Для цієї мети було розроблено систему методик генерації варіантів складу комплексу, оцінки їхньої бойової ефективності та вибору доцільного варіанту складу комплексу РЕБ. Вибір варіанту складу здійснюється на основі математичного моделювання двосторонніх бойових дій при використанні противником оптимального цілерозподілу за критерієм “ефективність-вартість”.

Склад комплексу РЕБ, визначений теоретично, проходив апробацію під час полігонних випробувань макета комплексу РЕБ на базі ЗГРК “Тунгуска”, де в якості аналогу систем ВТЗ противника використовували ланку вертольотів Мі-24, оснащених кінофотодулометами, які імітують бойові функції вертольотних протитанкових засобів. Результати, отримані згідно з розроблених методик, дали змогу визначити доцільну номенклатуру і технічні шляхи побудови комплексів РЕБ, призначених для індивідуального і групового захисту зенітних засобів. Так, для тактичної зони, головним чином, доцільні комплекси індивідуального захисту, а також комплекси засобів групового захисту, розміщені на частині зенітних засобів (наприклад, на ЗГРК “Тунгуска”). Для оперативної і оперативно-тактичної зон доцільні комплекси індивідуального та комплекси групового захисту, розміщені на спеціальних бойових машинах, що функціонують у бойових порядках об'єктів, які захищаються.

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ МІКРОФОНІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННІ АЗИМУТУ ДЖЕРЕЛА АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ

*О.І. Сечко; А.О. Кіцера; Р.В. Кочан, д.т.н.
Національний університет “Львівська політехніка”*

Існують прикладні задачі – від системи безпеки й стеження до промислових та побутових пристроїв де потрібно визначити напрямок приходу акустичного сигналу. Для цього використовується пара мікрофонів, з яких мікроконтролер отримує сигнали, що містять часові зсуви. Правильне опрацювання зсувів дає можливість розрахувати азимутні характеристики джерела звуку.

Розглядаючи кореляційний методи обробки сигналів, потрібно створити кореляційну функцію між сигналами, результатом якої буде максимум який дозволить визначити часовий зсув між мікрофонами. Використовуючи відомі значення швидкості звуку та відстань між мікрофонами, можна обрахувати кутові значення положення джерела звуку. Проте, в реальних умовах точність методі може знижуватись по причині завад, відбиття звукових хвиль. Для покращення точності та надійності визначення кута застосовуються додаткові методи обробки сигналів. Наприклад застосовуючи смугових фільтрів на отриманні сигнали, при умові що відомі звукові характеристики сигналу який очікуємо, можна прибрати шуми, що повинно підняти точність обрахунку. Також можливе використання спектрального аналізу на основі швидкого перетворення Фур'є.

Застосування цих методів у комплексі сприяють покращенню точності вимірювань, забезпечують більше стійкість системи до завад і розширюють можливості їх використання в різних сферах діяльності, зокрема у сфері безпеки та моніторингових системах.

АНАЛІЗ ПОГЛЯДІВ НА ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛУ, ОЗБРОЄННЯ ТА ТЕХНІКИ

*К.М. Горбачов, д.філос.; Я.С. Горбачова, д.філос.
Національний університет оборони України*

Успіх виконання бойових завдань в ході відсічі збройної агресії як за поглядами вітчизняних так і закордонних воєнних фахівців залежить від забезпечення необхідного рівня захисту військ.

Так, в доктринальній публікації НАТО (AJP-3.14) під захистом військ розуміють заходи та засоби мінімізації вразливості персоналу, озброєння, обладнання, матеріальних засобів, операцій і дій військ (сил) від загроз і небезпек і спрямовані на забезпечення свободи дій, збереження їх ефективності та сприяють успіху місії. При цьому, наряду з іншими, одним з фундаментальних елементів захисту військ є протиповітряна оборона (ППО) (Air Defense (AD)).

Компонентами ППО, які необхідні для реалізації функцій захисту військ є: Theatre Missile Defense – захист всього театру воєнних дій від балістичних ракет; Ground Based AD – сили і засоби ППО на суходолі; Maritime AD – сили і засоби ППО морського базування; Airborne AD – сили і засоби ППО повітряного базування; Counter-Rocket, Artillery, and Mortar – сили і засоби боротьби з ракетами, артилерійськими снарядами та мінометними мінами крупного калібру; All Arms AD – застосування для боротьби з повітряними загрозами зброї калібром до 20-мм.

В цей же час, вітчизняними керівними документами, які мають посилання на союзницьку доктрину, визначається, що захист військ є комплексом організованих дій, який включає в себе лише протидію технічним засобам розвідки, виявлення, послаблення впливу та ліквідацію наслідків ушкоджувальних факторів для збереження живучості та боєздатності сил оборони.

МОДЕЛЮВАННЯ ГРУПОВИХ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ГВИНТОМOTORНИХ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ

*В.В. Поздняков; М.В. Бугайов, к.т.н., ст.д.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Серед загальної кількості засобів повітряного нападу (ЗПН), які агресор застосовує для нанесення ударів по критичній інфраструктурі України, найбільший відсоток складають безпілотні літальні апарати (БпЛА) типу “Shahed-136”/“Герань-2”. Разом з ними як хибні цілі використовується велика кількість БпЛА-імітаторів “Гербера”. При застосуванні таких ЗПН використовується різна тактика. Часто спостерігається застосування групами по 3-5 і більше одиниць, які рухаються на низьких та гранично низьких висотах. У таких умовах перспективним є подальший розвиток акустичної системи моніторингу повітряного простору шляхом удосконалення її

математичного забезпечення для виявлення і визначення кількості ЗПН в групах, що потребує створення моделей групових акустичних сигналів. Як силова установка в таких ЗПН використовується поршневий двигун з повітряним гвинтом, що є джерелом гармонічного акустичного випромінювання. Запропонована модель групового акустичного сигналу декількох гвинтомоторних ЗПН з урахуванням лінійного каналу поширення є сумою гармонічних складових сигналів від окремих засобів з широкосмуговими шумовими компонентами. В моделі враховано вплив імпульсної характеристики каналу поширення акустичних хвиль, коефіцієнта затухання, що пов'язаний з частотою сигналу. В масиві гармонічних складових акустичного сигналу присутні групи кратних частот, які відносяться до одного з джерел випромінювання. Крім того, запропонована модель враховує вплив доплерівського зміщення частоти на розширення гармонік в спектрі, а також сильну зашумленість або взагалі відсутність окремих гармонічних складових, що ускладнює процес розділення сигналів окремих ЗПН. Запропонована модель в подальшому буде використана для розроблення методу визначення кількості ЗПН у групі.

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ППО

І.А. Данилюк, к.т.н., доц.; В.В. Куцаєв; Р.Г. Лазута

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

Під час війни України з РФ відбуваються постійні повітряні ворожі обстріли території України. Сили протиповітряної оборони (ППО) застосовують активні засоби (літаки, ЗРВ засоби, ЗУ-23, БпЛА, стрілецьке озброєння, тощо) для враження ворожих повітряних цілей (БпЛА, крилаті та балістичні ракети, літаки та інші). Під час активного та масованого застосування сил та засобів ППО, нажаль, фіксуються випадки враження цивільної інфраструктури, які знаходяться в зоні бойових дій. Таким чином, актуальним є вирішення проблеми розробки організаційних заходів та засобів, які забезпечили б безпеку цивільної інфраструктури в зоні бойових дій.

Автори пропонують розробити та застосовувати програмно-апаратний комплекс “Ріпак” із наступними блоками: модуль “Управління секторами обстрілу (УСО)”, спроможний визначити сектора (зони), які необхідно убезпечити від небажаного враження своїми засобами ППО; модуль “Узгодження блоку УСО з активними засобами враження ППО”; спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) прив'язки до місцевості та розрахунку зон та секторів обстрілу.

Запропонований комплекс “Ріпак” повинен реалізувати наступні функції: оперативної зйомки та оцифрування кругової діаграми місцевості; розташовування знятої цифрової діаграми (панорами) на розрахунковому засобі (пристрої) типу планшет, ноутбук, смартфон або інші; розрахунку, розподілу та планування сектора ймовірного враження та сектора забороненого для обстрілу засобами ППО; безпосереднього керування ефективною та безпечною роботою визначеними засобами враження ППО. Синхронізація роботи запропонованого апаратно-програмного комплексу “Ріпак” із засобами враження ППО повинна забезпечити безпеку цивільної інфраструктури та міського ландшафту.

Таким чином, запропонований до розробки комплекс “Ріпак” з підсистемою визначення бажаних та заборонених секторів враження ворожих повітряних цілей на загальному фоні міського ландшафту, здатен підвищити ефективність застосування засобів ППО та забезпечити інформаційну ситуаційну підтримку різноманітних інформаційних систем.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

*Л.А. Зозуля; В.О. Кузьменко; Ю.А. Векленко
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Аналіз досвіду бойових дій під час повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України свідчить про активне застосування озброєння різних типів і класів для знищення живої сили та техніки противника.

Масштабного застосування Збройними силами України дронів свідчить про суттєву їх роль в бойових діях, як ефективного засобу вогневого ураження.

Науково-технічний розвиток в застосуванні та адаптації FPV-дронів в сучасних умовах ведення бойових дій привів до значного розширення спектру виконання ними бойових завдань.

Перевага БпЛА з системами FPV в тому, що управління проходить від “першої особи”, є максимальний контроль над дроном, висока маневреність та швидкість польоту (до 120 км/год), стійкість до впливу засобів РЕБ (за рахунок модульності засобу, що дозволяє оперативно змінювати конфігурацію і налаштування в роботі), можливість зміни конструкції дронів під завдання, дешева виробу.

В якості перспективного методу протидії БпЛА ведуться розробки по оптичному впливу на нього за рахунок використання лазерного приладу з широким світловим пучком.

Інноваційний розвиток даного виду озброєння, призведе до пошуку та впровадження нових технологічних рішень та способів протидії (радіоелектронних, оптичних, механічних і тощо), а також залучення штучного інтелекту для керування оборонними системами і серіями стрільби.

БОЙОВИЙ ЛАЗЕР “ТРИЗУБ” ЯК РЕАЛЬНА ПРОТИДІЯ БПЛА

*А.Б. Панчишин
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Сучасна війна стає все більш технологічною та наукоємною, це поєднання інноваційних технологій та традиційних бойових методів. Сучасне високотехнологічне оснащення дозволяє знищувати ворога на великих відстанях і мінімізувати ризики для власних військ.

Так, на даний момент підрозділами Сил безпілотних систем ЗС України успішно тестується вітчизняна лазерна зброя “Тризуб”. Згідно технічних даних, що є у відкритому доступі, бойовий лазер “Тризуб” приблизно

відповідає американському лазеру "AN/SEQ-3 "LaWS" та британському "DragonFire" з можливістю збиття об'єктів на висоті понад 2 км. Вказані параметри є вагомими, для прикладу, для бойового лазера "LaWS" ефективна дальність дії була оголошена на рівні 1,6 км, при потужності до 50 кВт, бойовий лазер концерну "Rheinmetall" при аналогічній потужності на стрільбах працював по БПЛА на дальності до 2 км. Аналогічну потужність, 55 кВт, має й британський "DragonFire".

Підсумовуючи, слід вказати, що бойовий лазер із такими характеристиками є вагомою розробкою озброєння, при цьому потрібно враховувати також спроможність швидкого та точного фокусування на рухомій цілі. Так, лазерна установка "DragonFire" фокусується на відстані у 1 км з точністю 21-23 мм. Враховуючи, що бойовий лазер "Тризуб" може на відстані у 2 км уражати літак чи інший літальний апарат, питання позиціонування та фокусування променя до цілі розробниками вирішено.

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТАКТИЧНІ ЗАХОДИ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ЗАХИСТУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ УГРУПОВАННЯМ ППО ОУВ

А.С. Столяр

Національний університет оборони України

Для здійснення захисту системи управління угруповання ППО ОУВ, важливо знати ті ознаки, по яких противник викриває наше угруповання і здійснювати заходи до усунення чи зменшення в системі управління демаскуючих ознак. З метою здійснення більш цілеспрямованого маскування системи управління угрупованням ППО ОУВ визначаються ті демаскуючі прикмети для кожного класу об'єктів (елементів системи управління угрупованням ППО) по яким противнику легше буде викрити даний елемент системи.

До заходів можна віднести: створення системи пунктів управління (КП, ЗКП, ТПУ) та застосування централізованого і децентралізованого управління відповідно до обстановки; проведенням комплексу заходів по недопущенню отримання дезінформації про повітряну і наземну обстановку (дублювання каналів зв'язку); передача інформації про повітряну обстановку тільки по закритих каналах зв'язку; якомога частіша зміна позивних і робочих частот, дублювання повідомлень, команд, сигналів, підвищення пильності особового складу, негайне його інформування про випадки спроби противника здійснити дезінформацію; вибір місць розгортання пунктів управління і маршрутів їх переміщення, які забезпечують стійку роботу засобів зв'язку, а також використання захисних властивостей місцевості; скорочення роботи засобів зв'язку, якомога частіша зміна місць вузлів зв'язку, максимально можливе віддалення передаючих центрів від пунктів управління.

ВПРОВАДЖЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПІДРОЗДІЛІВ З ПРОТИДІЇ ФРВ ДРОНАМ ТА БАРАЖУЮЧИМ БОЄПРИПАСАМ

В.П. Іщенко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

З початку повномасштабної війни росії проти України важливого значення набув розвиток безпілотних літальних (авіаційних) засобів ураження. У зв'язку зі збільшенням кількості зазначених засобів ураження противника, їх високою

ефективністю виникає нагальна потреба у розвитку способів захисту та протидії цим видам (типам) озброєння.

FPV дрони та баражуючі боєприпаси (далі – ББ), активно використовуються ворогом для ураження сил оборони України, вони є основною загрозою для особового складу, озброєння і військової техніки.

Наразі організація протидії відбувається на тактичному рівні всередині підрозділів власними силами, що не дозволяє швидко впроваджувати найефективніші способи боротьби та акумулювати досвід.

Отже, існує необхідність ведення пошуку шляхів вирішення цієї проблеми, одним з яких є впровадження спеціалізованих підрозділів (далі – СпП) з протидії FPV дронам та ББ в інтересах частин (підрозділів) сухопутних військ. На сьогодні відсутні такі підрозділи, зокрема не визначений їх склад, місце в бойових порядках частин (підрозділів) сухопутних військ, не сформульовані завдання, відсутні вимоги до оснащення СпП приладами та озброєнням, що підтверджує необхідність формування таких підрозділів.

Водночас питанню впровадження спеціалізованих підрозділів з протидії ударним дронам вітчизняними вченими і практиками не приділяється достатня увага.

Таким чином, впровадження спеціалізованих підрозділів з протидії FPV дронам та ББ в інтересах частин (підрозділів) сухопутних військ є актуальним і перспективним.

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ НАЗЕМНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ОПЕРАЦІЙ

Д.Д. Білан

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сучасні військові конфлікти вимагають швидкого та ефективного забезпечення підрозділів боєприпасами, продовольством, медичним обладнанням та іншими критично важливими ресурсами. Використання безпілотних наземних платформ (БНП) для логістичного забезпечення дозволяє зменшити ризики для особового складу, підвищити автономність постачання та збільшити ефективність військових операцій.

Останні розробки у сфері військової робототехніки демонструють значний потенціал БНП у логістиці на полі бою. Такі платформи можуть транспортувати вантажі в зонах активних бойових дій, працюючи в умовах складного рельєфу, мінних загороджень та обмеженої видимості. Основні переваги БНП – висока вантажопідйомність, автономна навігація, можливість роботи у режимі дистанційного керування або повної автономії. Використання таких рішень сприяє мінімізації людських втрат під час логістичних операцій та дозволяє військовим зосередитися на виконанні бойових завдань.

Дослідження показують, що інтеграція БНП у логістичні ланцюги дозволяє значно скоротити час доставки вантажів на передові позиції та знизити потребу в залученні особового складу до небезпечних місій. Крім того, роботизовані платформи можуть працювати в умовах порушеної інфраструктури, що є критично важливим у сучасній війні. Вони також можуть бути використані для евакуації поранених, що додатково знижує ризики для медичних підрозділів та дозволяє надавати допомогу постраждалим у найкоротші терміни.

Подальший розвиток БНП включає вдосконалення алгоритмів навігації, підвищення енергетичної автономності та адаптацію до різних бойових умов. Майбутні дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію штучного інтелекту, покращення захисту від засобів радіоелектронної боротьби та впровадження модульних конструкцій для розширення функціоналу платформ.

СЕКЦІЯ 11

РОЗВИТОК ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: бригадний генерал Куляс С.В.;
к.т.н. підполковник Лекав А.А.
Секретар секції: майор Долінський М.П.

WAYS OF DEVELOPING THE ORGANIZATION OF LOGISTICS SUPPORT OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF REJECTING ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION

*S. Kulyas¹; A. Lekakh², Candidate of Technical Sciences;
O. Musienko², Candidate of Technical Sciences; V. Startsev²
¹Logistics Command Air Force Command of Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of repelling the large-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine shows that the outcome of hostilities largely depends on their high-quality, timely and complete provision. The volumes of stocks of weapons and military equipment, material-technical means, their echeloning and the structure of military units (subunits) of logistical support must correspond to the combat missions assigned to military units and units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

Therefore, in modern conditions, priority attention is paid to the organization of effective logistical support of troops (forces) in operations, especially its rapid adaptation to the real situation, forms and methods of using military units (subunits) at different stages of its repelling. In this regard, the task of developing the organization of support of troops (forces), in particular the organization of logistical support of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, is becoming increasingly relevant.

Based on the analysis of the performance of tasks by military units and divisions of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine during the repulsion of the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, both positive experience in implementing logistical support measures and problematic issues that complicate the management and support processes and do not allow the full implementation of the tasks set were identified.

The report proposes approaches to improving the model of organizing the logistical support of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of combat operations, taking into account the experience of repelling the armed aggression of the Russian Federation and mutual integration with the principles and standards adopted by NATO member states, which will significantly increase the effectiveness of the use of military units and subunits of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the course of combat operations and bring us closer to victory over the aggressor.

DIRECTIONS OF IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES OF AUTOMATION OF ACCOUNTING AND MOVEMENT OF MILITARY EQUIPMENT

*V. Startsev; A. Lekakh, Candidate of Technical Sciences; V. Jigiray; L. Mikhailova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of modern technological solutions to improve the automation of accounting and the movement of material and technical means (MtM) can help provide an automated and improved way of monitoring the most important aspects of the supply of military goods in the defense industry. To ensure the security of the state, it is extremely important that the means and resources provided to the Armed Forces of Ukraine and the military-industrial complex are available when necessary. In order to achieve the highest possible level of security and maintain the high quality of material resources for military needs, it is important to have an effective tracking system.

Today, tracking is the most common technology for tracking the movement and transportation of military vehicles by various modes of transport. The following automation technologies are considered for accounting of material resources: bar coding, QR coding; RFID technology. RFID (Radio Frequency Identification) technology can be adapted for various areas of military logistics, as a solution to general and specific tasks.

The report defines the most advanced technologies for automating the accounting and movement of MtM, the composition of the equipment, the principles of operation, the advantages and disadvantages of their application. The analysis of the conducted research allows us to state that the use of modern technologies and automation systems is a very promising direction of research regarding the identification, accounting and movement of MtM of military purpose, reduction of inventory periods and prevention of shortages and theft of property in the warehouses of military units.

INFLUENCE OF TACTICAL-TECHNICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF MOBILITY MEANS ON THE PROCESS OF AIRFIELD-TECHNICAL SUPPORT OF FLIGHTS

*V. Kavyuk; A. Kashkanov, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Kravets
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, aviation capabilities depend on high-quality, timely, and comprehensive logistical support for its operations, which is primarily based on the system of airfield-technical support (ATS) of flights, along with the necessary forces and equipment.

This study defines the main directions and analyzes the possibilities of substantiating and selecting the most optimal development option for the fleet of airfield-technical support means (ATSF). The research is based on the study of the experience of leading countries and the assessment of the role of tactical-technical and operational characteristics of mobility means in ensuring aircraft operations under martial law conditions. The provided recommendations help develop measures to eliminate deficiencies in the ATS system through modernization,

unification, and improvement of the tactical-technical and operational characteristics of mobility means.

A review and analysis of the current state of ATSF have shown that their quantitative composition, tactical-technical requirements, and design specifications for each unit of this military equipment are significantly influenced by the trends and directions of military aviation development in Ukraine.

The assessment of ATSF development directions has revealed that a major challenge in modern Ukraine is preserving the operational resource of both special equipment and the vehicles on which it is mounted. The most promising development direction is the creation of multi-module machines, consisting of an energy module (vehicle, tractor) and a technological module (special equipment). However, a final method for constructing such a machine has not yet been determined. The main obstacle to further development of multi-module airfield-technical support equipment is the unresolved issue of ensuring trajectory stability and maneuverability of the trailer module when reversing during ATS flight operations.

RESEARCH OF OPTIONS TO IMPROVE THE LOGISTICS SUPPORT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE BASED ON LOGFAS AND SAP TM SERVICES

*D. Havrylov; O. Musienko, Candidate of Technical Sciences;
K. Kulahin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The logistics support system of the Armed Forces of Ukraine (AFU) has faced many challenges and opportunities in the context of the full-scale invasion of the Russian Federation. The logistics system received most of the challenges in the first months of hostilities due to the high percentage of "frozen" civilian organizations. The reason was their unwillingness to work under conditions of uncertainty.

At the moment, challenges to the logistics system of the Armed Forces of Ukraine, including the logistics system of the Air Force of Ukraine, related to the risk of transportation of material and technical means in the areas of hostilities remain throughout the entire period of the armed conflict.

The research showed that within the framework of cooperation with NATO member states, the Logistics Forces Command of the Armed Forces of Ukraine received Logistic Functional Area Services (LOGFAS) and SAP Transportation Management (SAP TM) services to support logistics operations, which allow solving logistics problems taking into account various transportation scenarios.

The research confirmed the effectiveness of using LOGFAS and SAP TM services for planning and managing the logistics of troops (forces) at the strategic, operational and tactical levels (up to and including the battalion level). However, active combat operations make significant adjustments to the logistics of tactical level units in hard-to-reach areas (on the line of direct contact with the enemy, in conditions of semi-surrounding or encirclement). This increases the requirements of existing systems to the amount of material and technical means that should be delivered to tactical units in particularly threatening areas of armed struggle. The use of adjusted norms of supply of tactical level units will increase their autonomy and time of resistance in case of partial or complete disruption of the supply route.

THE CONCEPT OF CREATION OF SPECIAL SOFTWARE FOR PLANNING AERODROME TECHNICAL SUPPORT OF FLIGHTS

*S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Kravchuk;
O. Leonenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Sokol
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The introduction of automated computing tools into logistics management processes in the Armed Forces of Ukraine is a continuous process that is showing sustainable development. These tools are being applied to an expanding range of logistics functions, including the critical domain of aerodrome technical support (ATS) for flight operations. Studies of ATS show that the specificity of this area as an activity is that during the provision of flights, forces and means are combined and coordinated, for most of which ATS are not the main type of activity. Experience shows that in a special period the impact on the working conditions of personnel, the provision of qualified personnel, and the time of work is increased. In addition, there is a need to ensure interaction with forces and management bodies (in particular, partner countries) with which such interaction has not been carried out so far. In this case special software (SPS) in the field of ATS of flights should:

- ensure convenient interaction of planning participants;
- be able to compensate for a temporary decrease in the qualifications of some planning performers (providing information support to the performer);
- ensure multilingualism;
- contribute to the reduction of technical errors in data processing;
- ensure a level of automation at which the results of its application are ready-made documents for ATS flight planning.

The concept of building a SPS is based on combining the properties of a spreadsheet and a database in one tool.

INTEGRATION OF OPTICAL TECHNOLOGIES INTO AUTONOMOUS MILITARY VEHICLES: ENHANCING OPERATIONAL EFFICIENCY AND SAFETY

*K. Yatsenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern military conflicts are characterized by high dynamics and complexity of combat operations, requiring armed forces to implement advanced technologies to gain a battlefield advantage. One of the key areas is the development of autonomous vehicles capable of reducing risks for personnel and increasing the efficiency of logistics and combat operations. Optical systems play a crucial role in this process, providing accurate perception and analysis of the surrounding environment.

The integration of optical systems into autonomous platforms includes the use of high-resolution cameras that provide detailed images of the surroundings for object recognition and situational analysis. Infrared sensors enable the detection of thermal signatures, which is critically important in low-visibility conditions or at night. LiDAR systems create three-dimensional models of the environment, facilitating precise navigation and obstacle detection.

Practical examples of implementing such technologies include the delivery of the first autonomous robotic trucks by Kodiak for Atlas, demonstrating the practical

application of autonomous technologies in logistics. The U.S. procurement of unmanned NMESIS missile launchers highlights the significance of autonomous systems in modern combat operations.

The integration of advanced optical systems into autonomous military vehicles is a key factor in enhancing the combat readiness and adaptability of armed forces in contemporary conditions. Further research and development in this field will contribute to the creation of more effective and safer solutions for a wide range of military tasks.

Given the rapid development of technology and the evolving nature of modern conflicts, the implementation of autonomous systems with advanced optical technologies is not just an advantage but a necessity for ensuring national security and the effective execution of military operations.

THE PROVISION OF ADAPTIVE MULTILINGUAL SUPPORT FOR SPECIAL SOFTWARE BASED ON MS EXCEL

S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

O. Leonenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Terentieva; D. Stoyanovsky

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the process of creating special software tools (SST), it is essential to prioritise the convenience and intuitiveness of the software product interface. Multilingual support is a key requirement for such an interface. A feature of SST is their "specialty", that is, special tasks use terminology that is often associated with a specific area of activity and has limited application. Some SSTs are intended for use in only one country. However, there are instances where the involvement of foreign specialists in working with these SDRs is necessary.

The use of existing general language libraries of the most common subroutines certainly does not solve this problem. At the time of the need to interact with a foreign specialist, there is even a high probability of the absence of a single (coordinated) understanding of some of the "narrowly specialized" terms used in the software interface.

Therefore, when working with software, it is advisable to harmonise terminology and adjust the terms used in the interface. To implement this, the mechanism for ensuring multilingualism should be designed to allow changes to be made to the content of certain interface elements by specialists with basic computer training.

It is proposed that a variant of the localization mechanism (acquisition of adaptive multilingualism) of the SST interface be built on the basis of MS Excel.

THE METHODOLOGY OF AUTOMATED PREPARATION OF OFFICIAL DOCUMENTS BASED ON DATA RECEIVED FROM MS EXCEL SPREADSHEETS

S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Kravchuk;

I. Kashayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Gavriiliuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

It is widely acknowledged that achieving information superiority over the opposition is a fundamental objective for any country's military forces. Key components of this strategy include the reduction of service and psychological strain

on personnel, the streamlining of document preparation processes utilising information systems, and the enhancement of document quality.

The realization of an information advantage is possible, in particular, through the use of unified complexes of special mathematical and software.

A significant number of calculations and other tasks are performed using Microsoft Word (hereinafter "Word") and Microsoft Excel (hereinafter "Excel"). At the same time, calculations, modelling, etc. are often performed using Excel, after which the results of the calculations (modelling) are "manually" transferred to Word and drawn up in the form of appropriate documents.

However, it is possible to automate the process of transferring data from Excel to Word. In the simplest cases, Microsoft's built-in mechanisms can be used for this, such as "mail merge" to create a mailing of a specific document (automated preparation of letters).

However, when preparing complex documents (e.g. orders, reports), these mechanisms often prove insufficient.

A method for organizing automated processing of a Word document based on Excel table data, according to a pre-established form, is hereby proposed.

INNER OPERATIONAL RISK MANAGEMENT SYSTEM AS A WAY OF IMPROVING AERODROME TECHNICAL SUPPORT OF AVIATION FLIGHTS

*O. Leonenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Kravchuk; O. Sokol*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The need for constant search for effective solutions both on the battlefield and in the matter of any kind of support for units and subdivisions of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine (AF of Ukraine) is significantly increased during the period of combat operations of the Armed Forces. It is important to note that aerodrome technical support (ATS) of aviation flights is no exception in this matter.

Making changes to the way the military is organised so that it matches NATO standards, moving units around, and changing the number and type of aircrafts in the aviation brigade units, as well as working closely with other countries to supply the Ukrainian Armed Forces with foreign aircrafts and equipment, are all new challenges. This applies to all managers and ATS of flight processes performers, no matter what their level of responsibility. It is very important to make sure that flights are safe and that no dangerous factors lead to ATS of flight violations.

The management bodies and aviation units of the Ukrainian Armed Forces have a lot of experience in organising ATS of flights, which should be adapted to today's conditions. Research into covering ATS of flights processes by the operational risk management inner system has been initiated on the basis of this experience.

The implementation of this system in other areas, notably the economic sector, has yielded favourable outcomes due to management decision-making, risk identification and assessment for the earliest detection of potential damage and deficiencies, and the prevention of inefficient resource utilisation.

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION FLOW MODEL PLANNING AERODROME TECHNICAL SUPPORT OF FLIGHTS

*O. Sokol; S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
I. Kashayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Stoyanovsky
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The prevailing regulatory legal acts in the domain of aerodrome technical support (ATS) of flights stipulate the fundamental components of the planning process. These acts also delineate the general order of information flow in said processes, the general sequence of planning stages, the list of officials who participate in them, and a generalized list of their individual functional responsibilities.

One of the ways to determine the paths of information flow during the process of ATS of flights planning and their detailing is to develop a structural model of information flow, namely a DFD (Data Flow Diagram) diagram of this process.

The DFD diagram of the ATS of flights planning process has been developed, which has enabled the formulation of a sufficient list of information used for practical application. The development of this diagram was undertaken to facilitate the visualisation of the processes involved in the movement of information during the planning phase. This includes both the exchange of information between officials and its subsequent transformation, which encompasses processing and calculation.

The analysis of the DFD diagram of the ATS of flights planning process resulted in the clarification of the regularities and features of the information flow processes that were used in the development of means for automating the ATS of flights planning process.

RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF INSTALLING A COMBINED ELECTROMECHANICAL DRIVE FOR THE EQUIPMENT AND COCKPIT CIRCUITS OF AMK-24/56

*V. Krasnokutskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. Dolinsky; M. Borets
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The AMK-24/56-131 airport multipurpose air conditioner is designed for cooling or heating the air of high-altitude equipment for flight personnel, aircraft cabins, and special equipment. The air conditioner's equipment is housed in a body mounted on the chassis of a ZIL-131N vehicle. An additional power unit is the ZMZ-511 automotive engine located in the body, which accounts for the majority of malfunctions.

Considering this, it is proposed to replace the ZMZ-511 engine with an electric drive system for the equipment and cabin circuits using the power take-off (PTO) of the ZIL-131N chassis. A generator is installed on the PTO shaft. Additionally, a current transformer with a diode bridge, an electronic control unit (ECU), and asynchronous electric motors (ED) are installed.

The advantages of the electric drive over the ZMZ-511 power unit include high reliability, the possibility of stepless speed regulation, smooth operation of mechanisms, convenient remote control, low inertia, and high efficiency.

This will improve the operating conditions of airport multipurpose air conditioners, as well as the durability and reliability of the cabin and equipment circuits of special equipment during airport technical support for aviation flights.

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AIRFIELD TECHNICAL SUPPORT OF FLIGHTS

*I. Kashayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Kravchuk;
S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Terentieva
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Preparing aircraft for flights is a complex organisational and technological process. It requires the use of modern mathematical methods and technical management tools, as well as effective engineering, aviation and logistical support. Improving the planning of airfield technical support (ATS) of flights is important not only to ensure the required level of reserves of material and technical resources, but also to better organize its implementation and minimize the time for repeat flights in difficult, stressful conditions.

The rapid development of digital technologies has led to significant transformations in aviation. Aviation specialists are beginning to understand the transformative potential of AI in the field of aircraft maintenance. Using advanced technologies to monitor the health of aircraft systems and predict potential failures before they occur, it is possible to plan maintenance more efficiently. AI is a key factor in automating the planning and implementation of airfield technical support.

The paper considers the possibilities of improving and increasing the efficiency of aircraft flight ATS based on the use of artificial intelligence. It is shown that the use of AI in aviation in the implementation of predictive maintenance allows for a proactive approach to maintaining the integrity of aircraft and optimizing operations and decision-making in preparation for flights. Benefits of implementing AI: increasing safety through early warning of risks; reducing maintenance and fuel costs; minimizing the impact of the human factor; increasing airfield capacity; automating routine tasks and providing analytics to ensure real-time decision-making. AI is especially relevant in the operation of unmanned aircraft systems.

WAYS TO INCREASE ENERGY SUPPLY FOR AUTOMOBILE CHASSIS WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

*I. Rohozin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Nitsenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the ongoing war with the Russian Federation puts forward new requirements for automotive chassis of weapons and military equipment. There is a constantly growing need to increase the speed of movement of automotive equipment to reduce the likelihood of being hit by high-precision weapons. In addition, the increase in the number of various equipment (computers and cooling devices for them, electronic warfare equipment against unmanned aerial vehicles, etc.) of automotive chassis requires an increase in electricity production during the performance of a mission.

One way to solve this problem may be to modernize the automotive chassis of weapons and military equipment by installing a hybrid power unit, which is most expedient during overhaul.

The report analyzes the design options for hybrid (internal combustion engine and electric generator) vehicles. Consider the functional diagrams of automotive chassis of weapons and military equipment with a hybrid power unit. Proposals for the arrangement of functional elements of a hybrid power unit are given, and their tasks are defined, taking into account the possibility of providing electricity to the equipment of the airfield technical support for flights during the performance of assigned tasks during combat operations.

According to the research, using automotive chassis with hybrid power units increases the power of the power unit, reduces fuel consumption, and ensures the production of the installed power of electricity.

UNMANNED ROBOTIC COMPLEXES

*I. Kashayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Gavriiliuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Under the conditions of armed conflict, Ukraine is increasing the production of robotic complexes (RTC). These systems are seen as tools capable of significantly enhancing the combat capabilities of military units. The trend of implementing RTCs and unmanned technologies into the process of aerodrome-technical support for flights across all categories – including logistical, ornithological, and search-and-rescue support – aligns with modern requirements to reduce labor and time costs during deployment, maintenance, and especially during the relocation of units to makeshift runways or designated sections of highways.

The report highlights the "Airport Birdstrike Prevention System", which will be deployed at airbases and is designed to ensure flight safety for F-16 fighters. It consists of three subsystems: bird detection and deterrence subsystem; mobile platform subsystem; remote control subsystem.

The bird detection and deterrence subsystem is a combined system. It includes a bird sound recorder, a color video camera, and a thermal imager, all integrated into a single module with a rotating mechanism for azimuth and elevation adjustments.

The general operational scheme of the system is provided. Key advantages of this RTC for flight safety include mobility and the ability to transport it during the relocation of aviation units.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE MODERNIZATION OF THE SPECIAL EQUIPMENT OF THE AVIATION MOBILE POWER UNIT APA-5D TO IMPROVE OPERATIONAL CHARACTERISTICS

*H. Korostylov, Ph.D.; O. Cheryednychenko; A. Belozеров
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The stages of modern rapid technological development and the use of advanced aviation complexes, such as the F-16 AM/BM MLU, impose strict requirements on the most common aviation mobile power units, such as the APA-5D.

For example, improving the quality of three-phase voltage stabilization (215 V, 400 Hz) of aviation mobile power units APA-5D, with a power capacity of up to 40 kW, can be solved through the implementation of modern achievements in circuit engineering and integrated circuits of PWM (programmable to stable frequencies from 300 to 1200 Hz wide-pulse modulators) such as: ADF4159 FRACTIONAL

SYNTHESIZER, to build reference inverter generators of ideal shape and frequency of alternating current in the AC voltage stabilization system.

Additionally, at high loads in the automated technical parameter control system, the use of binary sensors like Piezo and inductive sensors, such as Schneider XS88D1A1RAM12, is recommended.

Thus, the modern development of the ground-based power supply component of ZATZP should correspond to the technologies applied to aircraft, such as the F-16 AM/BM MLU, and in the near future, the Mirage 2000, using advanced technologies and innovative solutions.

OPTIMIZATION OF TRANSPORTATION OF MATERIAL AND TECHNICAL MEANS OF LOGISTICS SUPPLY OF SUBDIVISIONS

*A. Rodiukov; I. Pichuhin, Ph.D.; E. Lutsenko; V. Yukhno
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The transportation of material and technical means by military road transport is an important component of the logistics supply chain. Provision of military units is carried out in a consistent manner, according to the scheme of application of logistics forces. It requires the performance of intermediate works and corresponding accounting operations.

The report provides an analysis of the transportation of logistical support units by military transport. Ways to optimize transportation are defined. Measures to shorten the terms of delivery of material and technical means and to reduce costs are proposed.

Transportation is offered in standard containers (for example: 20-pound) using a HYVA LIFT type "SK" multi-lift loader or in smaller containers using military trucks equipped with a manipulator crane (for example, Scania P113). Reduction of idle time of vehicles. The use of containers will make it possible to apply end-to-end transportation. Such transportation does not require the storage of property on the second logistics lane. Accounting control should be carried out by the second line of logistics according to acts of acceptance by military units.

End-to-end transportation and the use of containers will make it possible to reduce delivery times, reduce transportation costs due to reduced vehicle depreciation, PMM costs, reduced working hours of service personnel, and reduced warehouse costs.

RESEARCH ON THE MODERNIZATION OF THE APA-80 AIRFIELD MOBILE POWER UNIT TO IMPROVE THE RELIABILITY OF THE UKZ-2M CONTROL AND SWITCHING SYSTEM

*H. Korostylov, Ph.D.; V. Otrashkevskiy; A. Belozerov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Experience of combat operations in the Russian-Ukrainian war demonstrates a gradual transition toward the use of foreign-made aviation complexes, such as the F-16 AM/BM MLU and, in the near future, the Mirage 2000.

Deployment of advanced aviation systems like the F-16 AM/BM MLU and Mirage 2000 necessitates a fundamental modernization of aviation ground power supply (AGPS) equipment currently in service, including units such as APA-5D, APA-80, and UPG-300M.

The first approach to improving the quality of AC and DC power consumed by aircraft is the introduction of foreign-made AGPS equipment into operation, such as Hydraulic Power Units Click for Series 850 Specs and JO3C.

The second approach, which currently challenges the research community of the Ukrainian Air Force, is the task of bringing existing AGPS systems to the required technological level through their modernization to meet the power quality requirements of foreign-made aircraft.

This task of improving the quality of supplied power can be addressed through advanced voltage stabilization, utilizing modern component bases used in the production of "ideal voltage" generators – programmable inverter generators. These, for example, could be implemented to enhance the reliability of the UKZ-2M control and switching system of the APA-80 unit.

ANALYSIS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LOGISTICS SUPPORT OF THE AIR FORCE OF UKRAINE IN THE FACE OF MODERN CHALLENGES

*A. Semenyuk; D. Shchukin; V. Klymenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Logistics support is a key element of the combat capability of the Air Force of Ukraine, especially in the face of modern challenges. The experience of the Joint Forces Operation and Russia's full-scale invasion revealed both the strengths and weaknesses of the supply system.

The main problems remain the operational provision of fuel, ammunition, spare parts, as well as the mobility of aviation units. Unresolved issues are related to the complexity of coordination between different levels of management, insufficient amount of modern equipment and deterioration of the transport fleet. Automation of resource management and digitization of processes will significantly improve supply efficiency.

NATO's international experience shows the importance of integrating logistics processes, using flexible transport solutions and modern technologies, in particular drones for the delivery of goods. Ukraine is already taking steps in this direction, but it is necessary to accelerate adaptation to the standards of the Alliance.

An important step towards modernization is the creation of a single automated logistics management system of the Air Force, which will ensure effective interaction between all participants in the process. Logistics reform should include improving the structure, updating of equipment and the introduction of modern world practices. This will increase the efficiency of logistics support, ensuring a reliable, fast and uninterrupted supply of resources.

CALCULATION OF APA-5D DISTRIBUTION BOX FOR INSTALLATION OF A GENERATOR OF HIGH POWER

*O. Busylko; O. Mytsak; N. Mazuryk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

This work investigates the possibility of improving the aviation mobile power unit APA-5D by replacing the standard AC generator GT40PCH6 with a capacity of 40 kW with a generator GT60PCH8ATV with a capacity of 60 kW. Such

modernization is aimed at improving the technical and operational characteristics of the electric power unit.

The drive of the generators in the APA-5D stock is provided by a diesel engine installed on the basic Ural-4320 automobile chassis. The torque from the KAMAZ-740 engine is transmitted to the PR600x2 DC generator and the AC generator GT40PCH6 with the provision of additional speeds.

Since the GT60PCH8ATV generator operates at higher shaft speeds, its installation requires the development of a new transfer case with a different gear ratio. As part of the work, an analysis of the suitability of the APA-5D power unit for effective operation with a generator of increased power was carried out. A power balance calculation, kinematic analysis, and calculation of the parameters of shafts, joints, rolling bearings, and gears of the new transfer case were performed.

MODERN MEANS OF VESSEL CERTIFICATION THAT OPERATE UNDER PRESSURE FOR TESTING HIGH-PRESSURE CYLINDERS

*O. Busylko; N. Mazuryk; O. Mytsak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In aviation aerodrome technical support, pressure vessels are widely used, particularly cylinders for transporting and storing gases in compressed, liquefied, or dissolved states at ambient temperatures. To ensure their safe operation, it is necessary to regularly verify that their technical characteristics comply with safety requirements.

During operation, it is mandatory to conduct technical inspection of these cylinders at specialized testing points at specified intervals. Cylinders in operation in military units, including those installed on aerodrome technical support equipment, are also subject to periodic inspection.

To simplify this process, the method of ultrasonic flaw detection is considered, which allows for the inspection of cylinders without dismantling them, directly at their workstations or on aerodrome technical support equipment, significantly facilitating the assessment of their continued use.

WAYS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF AIRFIELD TECHNICAL FLIGHT SUPPORT EQUIPMENT

*S. Vakhniuk; I. Hapon
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Airfield technical flight support (ATFS) vehicles in the Armed Forces of Ukraine are usually based on ZIL-131, Ural-4320, ZIL-130, GAZ-66 vehicles. All of them are equipped with V-shaped 8-cylinder engines that have exhausted their modernization potential. The large working volume of these engines is needed only at maximum speeds, while most of the time the equipment operates in low-load modes.

To reduce fuel consumption and increase engine life, it is advisable to use engines with variable working volume. One of the promising methods is cylinder shutdown. This can be implemented by stopping the fuel supply or stopping the valve mechanism via an electromagnetic or hydraulic drive.

Modular cylinder shutdown is the most effective option. In such a system, the engine is divided into independent modules that are connected or disconnected

according to the load. This allows you to completely eliminate friction losses and gas exchange in the disconnected cylinders, which significantly increases fuel efficiency.

This approach can be used in both gasoline and diesel ICEs with mechanical or electromechanical injection. The introduction of variable displacement engines on ATFS will ensure more efficient use of fuel, reduce operating costs and increase the resource of the equipment.

DEHUMIDIFICATION OF COMPRESSED AIR DURING ITS PRODUCTION USING THE MEMBRANE METHOD

*S. Vakhniuk; V. Makovetskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To meet the requirements for the moisture level in compressed air, airfield compressor stations are equipped with dehumidification and purification units; after the compressor, the air is additionally dried with an adsorbent (silica gel, zeolite) and filtered.

The main source of compressed dry air supply for the needs of the Air Force aviation is the unified compressor station UKS-400V-P4. At the compressor station UKS-400V-P4, the drying unit removes moisture from the compressed air by adsorption, reducing the dew point temperature to -70°C . Moisture accumulates in the adsorbent, which periodically needs to be regenerated.

During the operation of the plant, the adsorbent wears out, losing its efficiency and requiring significant air consumption and time for regeneration. To improve the station UKS-400V-P4, it is proposed to replace the standard dryer with a PMD 7N membrane dryer with PMH G and PMH C nanofilters for oil protection. Compressed air passes through the filters, is cleaned of oil and impurities, after which water vapour molecules penetrate the polymer fibres of the membrane, and dry air is discharged through the outlet. A part of the dried air is used to blow back the membranes, thereby performing regeneration.

The PMD 7N membrane drying unit is economical thanks to the PMH G and PMH C membranes and filters, which increase productivity by reducing regeneration times. The membranes are durable and do not require replacement, unlike the adsorbent. The use of PMD 7N will reduce the operating costs of the UKS-400V-P4 station for the regeneration of the drying unit and the use of adsorbents.

WAYS TO IMPROVE THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE COOLING SYSTEM OF THE COMPRESSOR EQUIPMENT OF THE AKDS-70M MOBILE OXYGEN-NITROGEN PRODUCTION STATION

*M. Dolinsky; I. Semko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aerodrome-technical support (ATS) plays an important role in the logistics of the Air Force, particularly in the production of liquefied and compressed gases for aviation units. The primary means of gas extraction remains the AKDS-70M mobile oxygen-nitrogen production station in various modifications, which produces liquid

and gaseous oxygen and nitrogen in accordance with DSTU standards, free of water vapor, oil, harmful impurities, and odor.

Under wartime conditions, the equipment operates in extreme conditions and is dispersed in unprepared locations for preservation. One of the main issues with the AKDS-70M is a drop in pressure in the compressor cooling system due to clogging of the filter in front of the 2KM-6S pump. Cleaning the filter requires stopping the pump and draining the water, causing a temporary halt in production.

To enhance reliability, it is proposed to replace the standard filter with a modular filter block, allowing clogging to be eliminated without stopping the process, thus ensuring uninterrupted operation of the compressor equipment.

MODERNIZATION OF THE DRIVE SYSTEM OF SPECIAL EQUIPMENT IN AIRCRAFT GROUND SUPPORT EQUIPMENT

*S. Vakhuk; D. Kartovetskyi
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aircraft Ground Support Equipment (GSE) plays a key role in ensuring combat readiness and flight safety. These systems operate under challenging conditions, requiring strict adherence to operational standards and safety regulations. Most GSE units are equipped with internal combustion engines (ICEs), which over time lose efficiency, becoming less economical and environmentally friendly, thus necessitating modernization or replacement.

The wear and tear of old ICEs lead to frequent repairs and increased maintenance costs, negatively impacting equipment combat readiness. An optimal solution is the replacement of 8-cylinder gasoline engines with 4-cylinder diesel counterparts. Diesel engines have a higher efficiency coefficient, lower fuel consumption, and a longer service life before major overhaul. Although their maintenance is more expensive, overall operating costs are reduced due to greater reliability and fuel economy.

Modernizing the power systems of GSE will enhance their performance, reduce fuel consumption, and improve environmental characteristics. Diesel engines are well-suited for installation in GSE, ensuring durability and on-site maintenance capability.

Replacing ICEs with modern diesel engines is an effective solution that lowers operating costs and improves equipment performance. This approach is widely used in both military and civilian sectors, increasing the efficiency of ground support operations.

STUDY OF WAYS TO IMPROVE THE GAS COMMUNICATION ELEMENTS OF THE SPECIAL EQUIPMENT OF UGZS.M-131 TO IMPROVE THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE PLANT

*M. Dolinsky; S. Skrypach
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

This paper considers the improvement of gas communication elements of special equipment UGZS.M-131. Airfield technical support of flights includes a set of measures and technological processes, one of which is the timely supply of conditioned compressed gases to aircraft and charging of their onboard systems. In

the military units of the Armed Forces of Ukraine, compressed nitrogen gas is charged using standard gas charging stations UGZS.M-131.

The ZIL-131-based unified gas charging station is designed to charge aircraft oxygen, nitrogen and pneumatic systems with compressed gases under appropriate conditions. In order to improve the technical characteristics and gas communications system of the station, it is proposed to replace the outdated MK-120-120/350 diaphragm compressor with a modern pneumatic drive compressor. This will improve the reliability and manufacturability of the station, simplify the kinematic scheme of the UGZS.M-131 equipment and facilitate maintenance.

In addition, to monitor the pressure drop in the group below 10 kgf/cm², it is planned to install a pressure sensor for each group. This sensor will signal to the plant operator when the pressure approaches the critical level of 10 kgf/cm² by triggering an alarm and an alarm light on the control panel.

TRANSFORMATION OF THE LOGISTICAL SUPPORT OF THE AIR FORCE OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF MODERN WARFARE: CHALLENGES, EXPERIENCE, PROSPECTS

V. Sypalov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The logistical support system of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine has undergone significant transformation based on the experience of the Joint Forces Operation (JFO) and large-scale hostilities against the Russian Federation. Key challenges include the destruction of fixed supply depots due to enemy precision strikes, a critical shortage of spare parts for Soviet-era aviation assets, and the urgent need to integrate Western combat platforms into the sustainment system.

Combat experience has underscored the necessity of decentralizing supply chains, transitioning to mobile and dispersed logistical hubs, and implementing a real-time distribution network for critical materiel and munitions. Furthermore, expanding international military-technical cooperation has been vital in sustaining the combat readiness of aviation units by securing the supply of high-demand components, precision-guided munitions, and air defense assets.

Future development of Air Force sustainment must align with NATO standards, prioritize the digitalization of logistical processes, and enhance the autonomous operational capability of frontline units. These measures will ensure sustained combat effectiveness even under conditions of high-intensity enemy fire and deep-strike interdiction campaigns.

RESEARCH ON MODERN METHODS AND TOOLS FOR QUALITY CONTROL OF COMPRESSED AND LIQUEFIED GASES

P. Movchan; V. Kudryashov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the context of intense hostilities during the full-scale aggression by the Russian Federation, the need for timely and high-quality provision of the Air Force of the Armed Forces, in particular the needs for conditioned gases, comes to the fore.

Today, there is an urgent need for high-quality control of gases (oxygen, nitrogen), both obtained from industry and produced at regular gas production

stations AOES-70M(Automotive Oxygen Extraction Station-70M), in accordance with the requirements of current standards and regulatory documents by equipping them with the latest control devices.

Based on the formulated requirements, mainly devices from leading global manufacturers in this field, such as the British Michell Instruments, PST and the American Thermox are proposed. Gas analyzers of various designs were considered to determine the percentage of oxygen and nitrogen in the ranges from 0 to 100%, as well as hygrometers to determine the dew point in the range from +20 °C to minus 100 °C.

For example, the Thermox CG1000 (USA) is a portable oxygen analyzer for industrial and laboratory use. It has a built-in electronic flow meter with a flow stop alarm, the device is equipped with a sampling pump, which is placed under vacuum.

Advantages of CG1000: Accurate and reliable oxygen analysis, fast response at low sample flow rates, fluorescent display to show the concentration of analyzed components and system messages:

measurement range – from 0.1 to 100% oxygen by volume;

error – no more than 0.05% oxygen;

sample pressure: inlet – 136 kPa, outlet - 34 kPa;

unit dimensions – 270×200×410 mm;

weight – 8.6 kg;

Display – vacuum, fluorescent. Displays oxygen combinations from 0.1 to 100% O₂, automatic range selection, time and date, temperature, flow and pressure.

The electronic flow sensor eliminates possible gas leaks associated with mechanical flow meters. This allows reliable control of gas flow into the analyzer, and can even trigger a flow alarm if the flow to the analyzer stops.

An additional built-in pump allows you to draw a gas sample for analysis if there is not enough pressure, for this you should press the button on the front panel display.

The CG1000 device can be used for continuous monitoring of oxygen concentration during its production at the AOES-70M station.

RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTING MODERN OXYGEN EXTRACTION TECHNOLOGIES BASED ON THE ABSORPTION METHOD OF AIR SEPARATION

P. Movchan; K. Pryimachenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern methods of oxygen extraction are divided into adsorption air separation technology and membrane air separation technology

Adsorption air separation technology is based on the absorption of certain substances by molecular sieves, which ensures the separation of the air mixture. This method effectively enables the extraction of both oxygen and nitrogen from atmospheric air.

Adsorption units, in turn, operate based on the principle of pressure swing adsorption (PSA). Currently, three methods of organizing the cyclic non-heated adsorption air separation process are widespread: pressure-based, vacuum-based, and combined methods.

It is important to emphasize that:

– In pressure-based schemes, oxygen is extracted at a pressure higher than atmospheric, while the adsorbent regeneration stage occurs at atmospheric pressure.

– In vacuum-based schemes, nitrogen (or oxygen) is obtained at atmospheric pressure, and regeneration is carried out under negative pressure.

– Combined schemes involve pressure changes from positive to negative within the operation of the adsorption oxygen generator.

Currently, the Aerodrome Technical Support Units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine focus primarily on the pressure-based adsorption technology for oxygen extraction from air. However, it should be noted that both vacuum-based and combined technologies continue to develop alongside the pressure-based method and are not being overlooked.

TECHNICAL SAFETY AND RISK MANAGEMENT IN PIPELINE SYSTEMS

*J. Suleymanov; N. Ismayilov; E. Hashimov, ScD, prof.
Azerbaijan Technical University (Baku, Azerbaijan)*

This article investigates the technical safety challenges and risk mitigation strategies essential for the secure and reliable operation of pipeline systems. Serving as critical infrastructure for the transportation of oil, gas, and other resources, pipelines are increasingly exposed to threats such as corrosion, material fatigue, seismic activity, mechanical damage, and cyber-attacks—particularly those targeting SCADA-based control systems. The paper emphasizes the need for a comprehensive safety framework that integrates preventive maintenance, real-time monitoring, and advanced diagnostic technologies.

Key components of this framework include intelligent inspection systems like PIG tools, leak detection technologies, and AI-driven sensors, which collectively enhance early fault identification and system optimization. The study also analyzes international safety standards (e.g., ISO 3183, ASME B31.8, API 1160) and legal requirements that ensure regulatory compliance and operational integrity.

In addition, risk assessment methodologies such as Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Hazard and Operability Study (HAZOP) are explored for evaluating potential failure scenarios and preventing catastrophic events. Drawing on case studies from global pipeline projects, the article offers practical recommendations, highlighting the importance of digitalization, predictive maintenance, and resilience-focused planning to improve the long-term safety and sustainability of pipeline infrastructure.

References

1. Akhundov E.F., Fataliyev V.M., Aslanov E.A., Hashimov E.G, Quluyev R.A. & Ismayil I.A. The 19 International Conference "Technical and Physical Problems of Engineering" (ICTPE-2023), 31 October 2023, p. 138-142.

2. Bakesheva A.T. et al. Assessment of the safe operation of main gas pipelines // Oil and gas. – 2024, 5(143). – pp. 179-191. DOI: 10.37878/2708-0080/2024-5.14.

OPTIMIZING FREIGHT TRANSPORTATION IN THE LOGISTICS CHAIN

*S. Lalayev; F. Tagiyev
Training Center of the Azerbaijan Land Transport Agency (Baku, Azerbaijan)*

This article explores key aspects of supply and logistics chain management, with a particular focus on the organization and planning of freight transportation. Central to the discussion is the role of transportation within the logistics chain, where the

selection of transport modes and route optimization significantly influence overall supply chain efficiency. The paper introduces the TRAX index as an evaluative framework for transport service quality, incorporating four critical parameters: safety, reliability, cost, and time. This multidimensional approach enables decision-makers to choose transport solutions that best align with specific cargo needs and operational goals.

Additionally, the article addresses essential procedures related to shipment preparation, including packaging, labeling, barcoding, and secure cargo placement. It emphasizes that proper handling of these elements not only protects goods during transit but also ensures smoother customs processing and accurate real-time tracking. The strategic placement of barcodes and the secure fixation of cargo within transport vehicles are highlighted as crucial practices for minimizing damage and ensuring delivery reliability.

Overall, the study underscores the importance of integrating analytical tools and structured planning in freight transport logistics to enhance performance, reduce risk, and support customer satisfaction in a dynamic global supply environment.

References

1. Tagiyev F., Lalayev S., Sadiqlı A. Transport Logistics // – Baku: Class Print. – 2024.
2. Talibov A.M. et al. On the optimal placement of logistics centers // Baku : Informatics and Control Problems. – 2023. – № 43. – С. 51-58.
3. Talibov A. et al. Optimal placement of logistics centers in the Republic of Azerbaijan // 2nd International Conference on Problems of Logistics, Management and Operation in The East-West Transport Corridor (PLMO 2023). – Baku. – 2023. – С. 24-26.
4. Talibov A.M., Hashimov E.G. Vehicle transport cost calculation method/Current directions of development of information and communication technologies and control tools // Proceedings of 14 International Scientific and Technical Conference. – T. 2. – С. 3-6.

АНАЛІЗ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗПІЛОТНИХ НАЗЕМНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ

*М.А. Подригало, д.т.н., проф.; А.І. Нікорчук, к.т.н.
Національна академія Національної гвардії України*

Широкого застосування при веденні бойових дій набули як безпілотні літальні апарати так і безпілотні наземні роботизовані комплекси (БпНК). Висока вартість зразків БпНК іноземного виробництва та постійний попит на них з боку сил безпеки та оборони України змушує вітчизняних виробників до розроблення своїх зразків. В Україні Міністерством цифрової трансформації спільно з іншими міністерствами створений кластер оборонних технологій "Bravell", в якому підприємства та волонтерські організації пропонують свої проекти БпНК. На платформі "Bravell" зареєстровано понад 200 наземних роботизованих комплексів.

Широкий вибір БпНК створює необхідність в аналізі та порівнянні тактико-технічних характеристик зразків з метою встановлення відповідності зразка до характеристик заявлених виробником, визначення можливостей зразка виконувати ту чи іншу задачу, а також пошуку нових способів оцінки тактико-технічних характеристик (ТТХ).

В доповіді запропоновано при проведенні аналізу ТТХ БпНК застосовувати показник “Рівень енергетичної навантаженості”, що є комплексним показником, і враховує споряджену масу БпНК, максимальну потужність силової установки, максимальну швидкість, що розвиває БпНК, а також дозволяє на етапі попереднього проектування здійснити вибір необхідного рівня енергонавантаженості БпНК. Зазначений комплексний показник представляє собою відношення максимальної потужності силової установки до максимального значення кінетичної енергії поступального руху БпНК.

ПЕРЕДУМОВИ ПОБУДОВИ СУМАТОРА ДВОПОТОВОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

В.Д. Даниленко; А.П. Кожушко, д.т.н., доц.

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”

Сьогоднішній рівень розвитку сучасної транспортної та спеціалізованої техніки базується на здатності трансмісії до реалізації інтенсивних режимів експлуатації, запобігання зростанню динамічних навантажень на вузлах трансмісійної установки, тощо. Одним з рішень при побудові таких трансмісій є впровадження планетарних передач. Вони однакові за конструкцією і виконані у вигляді одно- або багатоступінчастих понижуючих планетарних механізмів. Вони знайшли широкого застосування як в засобах транспорту (авіабудування, суднобудування, автомобілебудування, тракторобудування), так і в спеціалізованих машинах (кар’єрні самоскиди, засоби великої прохідності). Переваги та недоліки використання планетарних механізмів описані в чисельних працях науковців, де підкреслюються наступні переваги: здатність реалізовувати високу потужність, здатність забезпечувати суттєве зниження кутової швидкості в зменшених габаритних розмірах, можливість кінематичних варіацій конструкційної будови, тощо.

Побудова електромеханічної трансмісії, яка працює за принципом суматора потоків, тобто розміщення планетарного передачі на вихідній ланці трансмісії, повинна задовольняти швидкісним та енергетичним потребам експлуатації. Оскільки робота двигуна внутрішнього згоряння формує потік потужності механічної складової трансмісії, а електричний двигун – електричний потік трансмісії, то узгодження швидкісних і енергетичних потреб ускладнено. А саме, унеможливлено забезпечення нульової стартової швидкості трансмісії. Такий стан речей надає передумови до синтезу планетарних механізмів, що входять до складу двопотокової електромеханічної трансмісії.

ENSURING AIRCRAFT FLIGHT SAFETY USING PROPOSALS FOR USING A GAS CYLINDER UNIT IN A SET WITH A BOOSTER-TYPE COMPRESSOR AS A GAS CHARGING STATION

S. Durovych; V. Martynenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The report examines the experience of using car gas charging stations in the process of airfield technical support of Air Force aviation flights, an analysis of the possibility of improving the process of charging aircraft onboard systems and

expanding the operational capabilities of airfield technical support units due to the use of balloon blocks complete with compressors booster type.

Means of charging on-board systems with oxygen and nitrogen, which are still used in Air Force aviation, are built on Soviet-made automobile base chassis and equipped with compressors driven by chassis engines too powerful for this purpose through cardan transmission.

The main disadvantages of such a layout are the dependence of the efficiency of the station's special equipment on the technical condition of the engine and other elements of the chassis, the consumption of the resource of the chassis engine and fuel for the operation of the compressor, and the time spent on the preparation of this equipment. The piston compressors used have a short repair life, and in the event of a breakdown of the sealing elements, the quality of the released gases deteriorates.

In addition, there is the problem of the need to perform a significant amount of work on the maintenance of the compressor and the dehumidification system in conditions of shortage of time.

It is proposed to use certified BB-12.40-350 cylinder blocks complete with OV-30 type boosters as backup means for charging onboard systems with gases. The use of pneumatically driven compressors will allow for more efficient use of gas reserves in cylinders at operational airfields, reduce maintenance costs for special ground equipment, and also use a wide range of non-specialized transport to deliver gases to aircraft technical positions

The use of transport cylinders complete with boosters will contribute to stability and efficiency in meeting aviation gas needs, increase flight safety in difficult conditions, and allow for effective response to changes in the combat situation at various airfields, which is crucial for performing assigned tasks.

ШЛЯХИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ В УПРАВЛІННІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОФІРМ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

О.М. Воробйов¹, д.т.н., проф.; В.О. Генчевська²

¹Національний університет оборони України;

²ВНЗ "Університет економіки та права "КРОК"

Сучасні реалії показують, що агрофірми змушені функціонувати в умовах непередбачуваності та невизначеності. Насамперед, це обумовлено російською агресією проти України, нестабільністю інфраструктури аграрних ринків, диспаритетом цін, недобросовісною конкуренцією, шахрайством, корупцією, рейдерством, криміналізацією суспільства, влади та бізнесу, спадом виробництва та його залежністю від природних умов тощо, що стає ризиковим для агрофірм. Усе це обумовлює необхідність формування та забезпечення економічної безпеки агрофірм. Тому для формування ґрунтовних та об'єктивних висновків щодо стану економічної безпеки агрофірми та можливих загроз є необхідним вивчення сучасного стану розвитку галузі та специфіки її діяльності.

Слід розуміти, що рівень економічної безпеки агрофірми залежить, насамперед, від того, наскільки ефективно її керівництво та спеціалісти спроможні уникнути можливих загроз та ліквідувати негативні наслідки окремих деструктивних складових зовнішнього та внутрішнього середовищ. Задля нормального функціонування агрофірми в цілому необхідно вчасно

виявити види загроз, визначити джерела їх виникнення, сфери прояву, оперативного знайти шляхи зведення шкідливих наслідків до мінімуму. Оскільки ризик слугує джерелом виникнення загрози, то кожна агрофірма потребує запровадження ефективної системи управління ризиками, роль якої заключатиметься в максимізуванні позитивного їхнього впливу (можливостях, які відкриваються) та водночас мінімізуванні негативних факторів (збитків, втрат). Отже, ефективний процес виявлення та адекватне керування ризиками призведе до нейтралізації загроз.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ УГРУПОВАНЬ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*О.М. Воробйов, д.т.н., проф.
Національний університет оборони України*

Завдання підвищення якості управління силами та засобами логістичного забезпечення військ (сил) в сучасних умовах російсько-української війни стає все більш актуальним.

Це пов'язано з тим, що в умовах підготовки та проведення заходів логістичного забезпечення військ (сил) в операціях їх ефективність невід'ємно пов'язана з якістю управління цими силами та засобами та їх раціональним розподілом за напрямками логістичного забезпечення угруповань військ (сил) в операціях.

Тому пропонується на основі обраних та обґрунтованих показників і критеріїв щодо оцінювання ефективності (якості) управління силами та засобами логістичного забезпечення в межах раніше запропонованої методики підвищення якості управління логістичним забезпеченням угруповань Збройних Сил (ЗС) України удосконалити одну з її складових, а саме часткової методики управління розподілом матеріальних засобів логістичного забезпечення угруповань військ (сил) в операціях за напрямками логістичного забезпечення.

Для цього в попередніх роботах визначені межі і об'єкт методики, що застосовується, сформульована мета та склад методики, приведені вихідні дані для реалізації методики, обґрунтовані показники, що оцінюються і розрахункові співвідношення для визначення раціонального розподілу матеріальних засобів логістичного забезпечення угруповань військ (сил) в операціях за напрямками логістичного забезпечення, розроблені етапи реалізації методики.

Пропонується в подальших дослідженнях розробити на основі запропонованої удосконаленої часткової методики рекомендації щодо підвищення якості управління логістичним забезпеченням ЗС України.

ВИБІР ПРІОРИТЕТІВ ОСНАЩЕННЯ МОБІЛЬНИХ РЕМОНТНИХ МАЙСТЕРЕНЬ ЗА ДОСВІДОМ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

*І.В. Кондратюк, д.філос.; Д.П. Павлов, д.філос.
Національний університет оборони України*

Досвід відбиття збройної агресії російської федерації силами оборони України вказує на постійне зростання інтенсивності застосування артилерійського озброєння різного калібру, у тому числі міжнародної

військової допомоги (МВД). У свою чергу, досвід виконання бойових завдань Збройними Силами України в операції Об'єднаних сил (Антитерористичній операції), вказує на те, що у сучасній війні без високотехнологічних зразків мобільних ремонтних майстерень практично неможливо ремонт на нових зразках артилерійського озброєння та тих, які надійшли в якості МВД.

Аналіз досліджень виходу з ладу артилерійського озброєння від інтенсивного використання та засобів ураження противника, створює перед розробниками нові завдання з покращення функціональності мобільних ремонтних майстерень артилерійського озброєння, які будуть ефективно функціонувати на тактичному, оперативному та стратегічному рівнях для проведення технічного обслуговування і ремонту.

Одним із способів перевірки щодо функціональності мобільних ремонтних майстерень артилерійського озброєння на різних рівнях ієрархії (трирівневої вертикалі) є проведення експериментальних досліджень, які підтвердять або спростують ефективність запропонованої гіпотези. А саме головне, що правильно проведені експериментальні дослідження дадуть можливість побудувати математичні моделі для знаходження оптимального рішення.

ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТИПОРОЗМІРІВ ШИН ДЛЯ КОМПЛЕКТУВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ

О.Ю. Ребров, д.т.н.; О.Г. Петренко

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Починаючи з лютого 2014 року, аграрний сектор України зазнав суттєвих втрат унаслідок окупації близько 18% території держави, що становить понад 19% орних земель (приблизно 5 млн га). Додатково, внаслідок військових дій, значна частина сільськогосподарських угідь зазнала руйнувань, замінування та забруднення, що унеможливило їх використання за призначенням. Ці фактори створюють серйозний виклик для України як провідного виробника та експортера зернових і олійних культур на світовому ринку.

Зважаючи на ситуацію, вітчизняні аграрії здійснюють комплексні заходи з оптимізації логістики та модернізації технічного парку, що дозволяє підвищити ефективність обробітку ґрунту, зменшити витрати пального, покращити якість і швидкість виконання агротехнічних операцій. У цьому контексті особливої уваги потребує питання впливу колісних рушіїв на ґрунтовий покрив, оскільки вибір шин суттєво впливає на продуктивність тракторів та агроекологічний стан орних земель.

Дослідження показують, що раціональний вибір шин дозволяє підвищити ефективність роботи тракторів на 11–14% за загальними показниками, а за окремими параметрами – на 15–26%. Однак надмірне ущільнення ґрунту внаслідок використання неефективних ходових систем призводить до його деградації, що негативно позначається на врожайності та якості сільськогосподарської продукції. Таким чином, правильний підбір шин може зменшити максимальний тиск на ґрунт та розширити площу експлуатації тракторів без порушення агроекологічних норм у кілька разів.

Враховуючи зазначені аспекти, актуальним є розроблення науково обґрунтованої методики вибору сільськогосподарських шин, яка дозволить одночасно забезпечити високу продуктивність механізованого обробітку ґрунту та мінімізувати його деградаційні процеси.

МЕТА ТА ПРИНЦИПИ СУПРОВОДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*М.І. Світенко, к.т.н.; А.О. Семіроз; О.В. Шабанова, к.е.н.
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Під час проведення аналізу існуючої моделі супроводження інноваційних проєктів зразків озброєння та військової техніки, було встановлено наступне.

Супроводження інноваційних проєктів сприяє забезпеченню успішної реалізації інноваційних ідей та технологій, мінімізуючи ризики невдачі та оптимізуючи ресурси.

Метою супроводження інноваційних проєктів є організація їх виконання та подальша практична реалізація інноваційного продукту для потреб ЗС України.

Принципами супроводження інноваційних проєктів зразків озброєння та військової техніки є: цільова спрямованість; комплексність; гнучкість та адаптивність; ефективність використання ресурсів; прозорість та відкритість; постійний пошук нових технологій, методів і підходів, які можуть підвищити ефективність проєкту; системність; керування ризиками; залучення зацікавлених сторін через активну співпрацю з усіма учасниками проєкту, включаючи замовників, виконавців, регуляторів і кінцевих користувачів з метою врахування потреб і очікувань усіх сторін; безперервність моніторингу та оцінки для коригувальних дій.

Слід зауважити, що супроводження інноваційних проєктів зразків озброєння та військової техніки, як будь-який динамічний процес не є сталим у часі. Тому він потребує постійного моніторингу та розвитку з метою підвищення ефективності застосування сучасних технічних та інноваційних рішень

ПРОВЕДЕННЯ ЗАВОДСЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ) АТРАВМАТИЧНОГО НОЖА-СТРОПОРІЗА “СЛМ”

*В.О. Іваненко; І.А. Шеремет; Д.М. Шабанов; О.О. Лисий, к.т.н.
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Безпека парашутистів при здійсненні стрибків з парашутом напряму залежить від страхаючих приладів одним із них є ніж-струпоріз який допомагає звільнитися від строп парашуту при попаданні кінцівок парашутиста у повітрі підчас здійснення стрибка в стропи. Також ніж-струпоріз може виконувати функції приладу який є допоміжним засобом при наданні першої медичної допомоги а саме звільнення пошкодженої ділянки тіла (отримання поранення) від обмундирування, захисного спорядження тощо, та при потребі покидання автотранспорту шляхом розбиття лобового (бокового, заднього) скла. Виконання бойового завдання повинна здійснюватися якісними допоміжним засобами які спрощують та допомагають зберегти життя військовослужбовця, облегшують надати першу допомогу при

поранені, відповідності стандартам ЄС і НАТО, сприяння інноваційному технологічному розвитку воєнно-промислового комплексу, підвищення статусу країни в рамках європейської інтеграції тощо.

Особливого значення в цьому процесі набувають випробування, з метою підвищення безпеки при виконанні бойового завдання парашутистами при здійсненні стрибків з парашутом та виконувати функції приладу який є допоміжним засобом при наданні першої медичної, проведено заводські випробувань (експериментальних досліджень) атравматичного ножа-стропоріза “СЛМ”.

Отже, випробування відіграють важливу роль у процесі виготовлення зразків атравматичного ножа-стропоріза “СЛМ”, Якісне проведення випробувань сприяє ухваленню обґрунтованих рішень виготовлення зразків та взяття на озброєння.

АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ РОЗМІЩЕННЯ НАВІСНОЇ МАШИНИ НА ТРАКТОРНОМУ САМОХІДНОМУ ШАСІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МІЖСОБОВОЇ НАВІСКИ

*М.А. Подригало¹, д.т.н., проф.; В.М. Краснокутський², к.т.н., доц.;
Є.С. Пелипенко², к.т.н., доц.*

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

²Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”

Перерозподіл навантаження на ведучі колеса тракторного самохідного шасі (ТСШ) в межах вантажопід’ємності шин в нормальних умовах забезпечує підвищення тягового коефіцієнта корисної дії (ККД).

При розгляді переміщення навісної машини в розрахунковій зоні (відстані навішування між передніми та задніми колесами ТСШ), як способу перерозподілу навантажень на ведучі колеса ТСШ, то оптимальніше з точки зору покращення тягових зусиль ТСШ її розміщення на межі зони з боку ведучих коліс. Положення машини на ТСШ, яке задовольняє як принципам раціональної побудови машино-тракторного агрегату (МТА), так і найкращі його тягово-зчпних якостей є вирішенням задачі оптимізації МТА.

Аналіз накладення цих зон одну на другу показав, що ця конструкція реальна лише в випадку при повному їх співпадінню, при створенні оптимальної зони навіски. При цьому необхідно уточнювати показники повздовжньої стійкості МТА та граничні значення розрахункових координат, які обмежуються розмірами бази ТСШ.

Ефективність переміщення машини буде тим вище, чим більше її вага і величина переміщення зони навіски. Для розширення зони навіски необхідно зменшувати вагу ТСШ, що дозволить додатково підвищити тяговий ККД МТА. Оптимізація досягається переміщенням машини від осі ведучих коліс ТСШ в межах, які допускаються конструктивними та агротехнічними особливостями МТА.

Зміною колії ТСШ можливо впливати на положення машини у випадку коли її переміщення лімітується стійкістю МТА. В поєднанні із зміною висоти центру ваги навісної машини визначення її оптимальне положення що є завданням варіаційного розрахунку, для вирішення якої використовується сучасна комп’ютерна техніка. При оптимізації конкретних конструкцій МТА застосування програмних продуктів розрахунку значно скорочує працездатність цих робіт.

SUBSTANTIATION OF THE METHODOLOGY FOR INCREASING THE MANOEUVRABILITY OF AN ALL-WHEEL DRIVE VEHICLE WITH WHEEL FORMULA 8K8

*A. Korobko, D. Eng, Associate Professor, I. Semenov
Kharkiv National Automobile and Highway University*

Manoeuvrability in interrelation with controllability is one of the most important operational properties of wheeled vehicles that determine the efficiency of use and traffic safety. The proposed turning scheme for a vehicle with the 8K8 wheel formula is aimed at reducing the longitudinal base to make a turn with a minimum radius. The minimum value of the turning radius depends on the longitudinal base, turning speed, and the coefficient of adhesion of the wheels to the ground.

It is proposed to lift the first and fourth drive axles simultaneously. In this case, the longitudinal base is determined by a certain segment, the vehicle's turning centre is moved to the point O2 with the corresponding turning radius.

The main trajectory of a vehicle when performing one of the most commonly used manoeuvring schemes (90° or 180° turn, rearrangement or overtaking) consists of three sections: entrance, circular and exit. The transitional sections of the main turning trajectory (entry and exit) are curves described by the corresponding parametric equations.

The analysis of these equations allows us to conclude that one of the ways to increase the manoeuvrability of all-wheel drive wheeled vehicles may be to reduce their longitudinal base. At the same time, it should be noted that with an increase in the turning speed and a decrease in wheel traction with the ground, the efficiency of shortened vehicles does not significantly increase their manoeuvrability.

ПРОВЕДЕННЯ ПОПЕРЕДНІХ ВИПРОБУВАНЬ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ) ЧЕРЕВИКІВ З ВИСОКИМИ БЕРЦЯМИ ТИП.В “ТАКТИЧНЕ ЗАХИСНЕ ВЗУТТЯ SEVAS”

*І.А. Шеремет; В.О. Іваненко; Д.М. Шабанов; В.М. Руснак, к.військ.н.
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Перспективним напрямом безпеки військово службовців при проведенні розмінування замінованих ділянок безумовно є засоби захисту кінцівок військово службовців а саме ступенів, що передбачає вирішення науково-технічного завдання забезпечення безпеки та ефективності розмінування замінованих ділянок с ціллю виконання бойового завдання по розмінуванню, уникнення потенційної небезпеки та травмування для саперів.

Задача збереження життя наших військово службовців є вкрай важливою, обороноздатність та виконання бойового завдання повинна здійснюватися с збереженням здоров'я та запобіганням травматизму при виконанні розмінування, відповідності стандартам ЄС і НАТО, сприяння інноваційному технологічному розвитку військово-промислового комплексу, підвищення статусу країни в рамках європейської інтеграції тощо.

Виготовлення захисного взуття – включає в себе: визначення потреб тактичного захисного взуття; виготовлення зразків; проведення випробувань (експериментальних досліджень); введення в експлуатацію.

Особливого значення в цьому процесі набувають випробування з метою підвищення безпеки при виконанні бойового завдання по розмінуванню замінованих ділянок. Проведено попередні випробування черевиків з високими берцями тип.В “Тактичне захисне взуття SEVAS” з імітацію підривів в 28 та 48 грамів тротилового еквіваленту. Отже випробування відіграють важливу роль у процесі виготовлення зразків, стосовно напрямку безпеки військово службовців при проведенні розмінування замінованих ділянок безумовно є засоби захисту кінцівок а саме ступенів завдяки захисних черевиків. Якісне проведення випробувань сприяє ухваленню обґрунтованих рішень виготовлення зразків та взяття на озброєння.

ОСОБЛИВОСТІ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ПОВНОМАСШТАБНОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Г.П. Білоус

*Науково-дослідний центр Збройних Сил України “Державний океанаріум”
Інституту Військово-Морських Сил Національного університету
“Одеська морська академія”*

1. Особливості логістичного забезпечення.

Логістика Повітряних сил Збройних Сил України (далі – ПС ЗС України) забезпечує боєздатність, мобільність і оперативність. Під час повномасштабної агресії РФ логістика стикнулася з новими викликами, що вимагають швидких рішень та адаптації.

Постачання техніки та озброєння: винищувачі, безпілотні літальні апарати (далі – БПЛА), ракети.

Забезпечення пально-мастильними матеріалами: безперервність польотів та маневреність.

Ремонт та технічне обслуговування: оперативне відновлення боєздатності.

Логістична підтримка особового складу: продовольче, медичне та речове забезпечення.

Оперативна гнучкість та адаптивність:

Децентралізація логістичних хабів для зниження вразливості від атак.

Мобільні ремонтні підрозділи для обслуговування в зоні бойових дій.

Гнучкі маршрути постачання з коригуванням для уникнення атак.

Міжнародна військово-технічна підтримка:

Постачання сучасної авіатехніки та протиповітряної оборони (далі – ППО) від країн-партнерів.

Запасні частини та обладнання для техніки.

Навчання українських пілотів та технічних фахівців за кордоном.

2. Проблемні питання логістичного забезпечення.

Залежність від зовнішніх постачань: обмежені внутрішні виробничі можливості, політичні обмеження.

Уразливість логістичної інфраструктури: ракетні удари та БПЛА, знищення критичної інфраструктури.

Дефіцит запасних частин та ресурсів для ремонту.

Недостатня автоматизація логістики: відсутність сучасних систем управління, обмежене використання безпілотних систем.

3. Шляхи вирішення проблем.

Розвиток внутрішнього виробництва: модернізація оборонно-промислового комплексу, міжнародна кооперація.

Захист логістичної інфраструктури: децентралізація хабів, ППО для захисту об'єктів.

Модернізація ремонтних потужностей: мобільні ремонтні бригади, підготовка персоналу.

Цифровізація логістики: впровадження сучасних систем управління.

Висновки

Логістичне забезпечення ПС ЗС України відіграє критичну роль у забезпеченні боєздатності в умовах війни. Попри численні виклики, ПС ЗС України демонструють адаптивність та оперативність завдяки міжнародній підтримці, децентралізації хабів та мобільним ремонтним підрозділам. Реалізація запропонованих заходів підвищить ефективність ПС ЗС України та зміцнить обороноздатність держави.

ПОГЛЯДИ ЩОДО ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ

*О.М. Сампір, д.філос.; А.В. Кайнаран
Національний університет оборони України*

Досвід відсічі збройної агресії російської федерації вказує на істотну зміну сучасних форм та способів застосування військ (сил), що призводить до необхідності удосконалення існуючих та пошуку нових способів виконання завдань з технічного обслуговування та ремонту зразків озброєння та військової техніки, від технічного стану якої залежить рівень боєздатності підрозділу.

З перших днів повномасштабного вторгнення союзники України почали підтримувати нас постачанням різних зразків озброєння, як радянського так і західного виробництва.

Інтенсивне використання нових систем озброєння збільшило потребу в проведенні їх технічного обслуговування та ремонту.

Майстерні технічного обслуговування, які на даний момент знаходяться на озброєнні військових частин (підрозділів) ЗС України не можуть в повному обсязі забезпечити потребу в технічному обслуговуванні та ремонті озброєння, тим більше іноземного виробництва, що знаходиться в бойових підрозділах.

Причин цьому є багато. Так існуючі засоби технічного обслуговування не забезпечені засобами РЕБ, є дуже повільними, а їх технологічне обладнання розраховане на проведення ремонтних робіт в ланці бригада і вище (поточний, середній ремонт, тощо) та не задовольняють підрозділів батальйонної (дивізійної) ланки, які безпосередньо ведуть бойові дії.

Тому в подальших дослідженнях пропонується розкрити питання щодо визначення загальних вимог до майстерень технічного обслуговування та ремонту, які задовільнять потреби як бригадної ланки так і ланки батальйон-рота для підтримання саме бойових підрозділів в постійній готовності до виконання бойового завдання.

ВПЛИВ НЕГАТИВНИХ ЧИННИКІВ НА ВИРОБНИЧІ МОЖЛИВОСТІ РЕМОНТНИХ ПІДРОЗДІЛІВ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ЗА ДОСВІДОМ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

*Я.С. Горбачова, д.філос.; К.М. Горбачов, д.філос.
Національний університет оборони України*

На якість і своєчасність проведення ремонту, крім забезпеченості військово-технічним майном та укомплектованості фахівцями-ремонтниками, значно впливає ступінь пристосованості місць його проведення, про що свідчить аналіз виконання завдань з ремонту озброєння та військової техніки (ОВТ) ремонтними підрозділами Сухопутних військ Збройних Сил України (СВ ЗС України) в ході російсько-української війни.

Було виявлено, що кількість своєчасно відремонтованого ОВТ ремонтними підрозділами СВ ЗС України залежить від пори року та часу доби при роботі у необладнаних і не пристосованих для ремонту ОВТ приміщеннях. При цьому, основними чинниками, які найбільш впливали на виробничі можливості були температура та освітленість ремонтних майстерень, а також морально-психологічний стан особового складу.

Проведені дослідження вказують, що:

коливання середньодобової температури можуть збільшувати час проведення ремонту ОВТ у межах від 8 % до 12 %;

відхилення освітленості у виробничому приміщенні від норми викликають збільшення часу ремонту ОВТ і можуть мати відносні значення в інтервалі від 12 % до 21 %;

за нетривалий час ведення бойових дій загальні безповоротні (довготривалі) психогенні втрати серед підрозділу фахівців-ремонтників можуть скласти до 15 %. А загальні втрати обсягу проведення ремонтних робіт можуть складати від 100 до 120 люд/год., що в свою чергу, може складати до 5 поточних ремонтів ОВТ з обсягом ремонту до 20 люд/год.

ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ ПРОДОВОЛЬСТВА ТА МАЙНА ПРОДОВОЛЬЧОЇ СЛУЖБИ ВІД ЗАСОБІВ МАСОВОГО УРАЖЕННЯ

В.М. Коваль

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького*

З початком повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України ворог продовжує застосовувати проти Сил оборони, спеціальні боеприпаси, споряджені небезпечними хімічними речовинами.

Поруч із звичайними засобами вогневого ураження противник застосовує боеприпаси споряджені небезпечними хімічними речовинами, які є засобами боротьби із заворушеннями та заборонені для використання у якості засобів ведення війни. Також є значна частка боеприпасів, що містять небезпечні хімічні сполуки нествореного типу. За жовтень 2024 року підрозділами радіаційної, хімічної, біологічної розвідки Сил підтримки Збройних сил України зафіксовано 323 таких випадки.

Цим російська федерація грубо порушує правила ведення війни, ігнорує норми та зобов'язання щодо Конвенції про заборону розробки, виробництва, накопичення і застосування хімічної зброї та про її знищення.

Ядерна, хімічна, бактеріальна зброя та запалювальні засоби можуть застосовуватися окремо або в різних поєднаннях. При комбінованому застосуванні кожен з перерахованих засобів в значній мірі зберігає свою дію ураження.

В умовах застосування ворогом засобів масового ураження продовольство та майно зазвичай буде піддаватися зараженню радіоактивними речовинами або бактеріальними речовинами; зараження отруйними речовинами може виникати на обмежених площах. Однак значна ефективність застосування стійких, особливо фосфорорганічних, отруйних речовин та запалювальних засобів по об'єктах продовольчої служби вимагає їх захисту від засобів масового ураження.

Вирішення зазначеної проблеми пропонується здійснити за рахунок розробки рекомендацій посадовим особам, які відповідають за продовольче забезпечення, щодо захисту продовольства та майна продовольчої служби від дії засобів масового ураження. Реалізація таких рекомендацій з одного боку, сприятиме успішному виконанню спеціальних (бойових) завдань, з іншого, надасть можливість зберегти життя та здоров'я особового складу.

ДО ПРОБЛЕМ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

В.Л. Павельчук; С.А. Радзіковський

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Досвід запеклого збройного протистояння українського війська російським загарбникам в ході широкомасштабного вторгнення свідчить про необхідність пошуку шляхів вдосконалення системи логістичного забезпечення (далі – ЛЗ) військ у бойових умовах як комплексу заходів із планування та управління військовою логістикою; визначення потреб в озброєнні, військовій і спеціальній техніці, матеріально-технічних засобах і послугах, організації їх закупівлі, постачання, зберігання, ремонту, технічного обслуговування, контролю використання; здійснення військових перевезень усіма видами транспорту; закупівлі робіт і послуг лазне-прального та торговельно-побутового обслуговування; організації харчування; технічного обслуговування, експлуатації об'єктів військової інфраструктури.

Алгоритм функціонування системи ЛЗ військ ґрунтується на ідеї наскрізного управління (на всіх рівнях ієрархії військової логістики) матеріальними потоками, ефективного сервісного обслуговування та надійної складської логістики. Доцільність такого підходу демонструють збройні сили держав-членів НАТО, кожна з яких має свою систему ЛЗ з відповідною інфраструктурою.

Пошук шляхів удосконалення системи ЛЗ військ під час воєнного стану надасть можливість ефективно реалізувати функції матеріально-технічного забезпечення, оптимізувати постачання в цілому, вчасно перемішувати товари та зберігати майно від втрат. Однією із важливих особливостей війни є оперативність і мобільність військ, а також їх повне логістичне забезпечення у необхідних обсягах з метою задоволення їх потреб.

ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ МІЖНАРОДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ ДОПОМОГИ ПІД ЧАС ВІДБИТТЯ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РФ

І.О. Власов

Національний університет оборони України

В рамках надання Україні міжнародної технічної допомоги співробітництво здійснюється з США, Великобританією, Європейським Союзом, Австралією та понад 20 міжнародними організаціями.

Міжнародна технічна допомога (далі – МТД) може залучатися у вигляді: будь-якого майна, необхідного для забезпечення виконання завдань проєктів (програм) МТД, яке ввозиться або набувається в Україні, крім товарів, переміщення яких через митний кордон України заборонено; робіт і послуг; фінансових ресурсів (грантів) у національній чи іноземній валюті; інших ресурсів, не заборонених законодавством України.

Для успішної перемоги України в російсько-українській війні є безперервне, своєчасне та повне забезпечення необхідним озброєнням та військовою технікою, боєприпасами та матеріальним засобами.

Збройні Сили України найбільш невідкладних потребують: літальну зброю, ППО, зенітні установки, ПЗРК, артилерійські снаряди та броньовану техніку.

Для того, що Україна перемогла у війні з росією, необхідно збільшити постачання військової техніки та спорядження. Україна має боєздатну армію, здатну вирішувати бойові завдання будь-якої складності, але недостатньо ресурсів для того, щоб армії було чим воювати.

Ключ для української перемоги перед російським агресором це міжнародна технічна допомога країн-партнерів, завдяки якій скоріше настане мир в Україні, в Європі та у всьому світі, це буде прикладом єдності цивілізованих та демократичних країн у вирішенні небезпечних потенційних загроз миру.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОСЛІДОВНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РАЙОНІВ РОЗГОРТАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ПОПОВНЕННЯ ЗАПАСІВ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ В ОПЕРАЦІЯХ УГРУПОВАНЬ ВІЙСЬК(СИЛ)

Ю.Є. Гусяков

Національний університет оборони України

В умовах вражаючого впливу противника під час ведення операцій угрупованнями військ (сил) важливим завданням є визначення положення районів розгортання сил і засобів логістичного забезпечення в процесі поповнення запасів МтЗ у військах (силах). В сучасних умовах вони визначаються відповідно нормативних показників, які вже не в повній мірі відповідають дійсності, та існуючим підходам щодо порядку їх розміщення. Тому запропонований порядок (алгоритм) визначення цих районів, який реалізується наступним чином.

Визначення оптимального району розгортання сил і засобів поповнення МтЗ військ (сил) в операціях передбачає формулювання та вирішення задачі

визначення основних нормативів застосування сил і засобів логістичного забезпечення (постачальники МтЗ) як задачі оптимізації.

Для проведення розрахунків необхідні наступні вихідні дані:

чітко визначена організаційно-штатна структура підрозділів постачання МтЗ ОУВ (ОТУВ), фактичні можливості з організації логістичного забезпечення штатних підрозділів логістики в військових частинах та окремих підрозділах ОУВ (ОТУВ);

зведена загальна довжина шляхів подання МтЗ;

відстань від лінії стикання протидіючих сторін до району розгортання сил і засобів поповнення запасів військ (сил) МтЗ;

відстань уздовж лінії стикання протидіючих сторін від певного опорного напрямку до району розгортання сил і засобів поповнення запасів МтЗ військ (сил);

довжини шляхів подання МтЗ;

площі території, на якій можливе розгортання сил і засобів поповнення запасів МтЗ військ (сил);

ваги МтЗ, що подаються.

ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ МІЖНАРОДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ ДОПОМОГИ ПІД ЧАС ВІДБИТТЯ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РФ

І.О. Власов

Національний університет оборони України

В рамках надання Україні міжнародної технічної допомоги співробітництво здійснюється з США, Великобританією, Європейським Союзом, Австралією та понад 20 міжнародними організаціями.

Міжнародна технічна допомога (далі – МТД) може залучатися у вигляді: будь-якого майна, необхідного для забезпечення виконання завдань проєктів (програм) МТД, яке ввозиться або набувається в Україні, крім товарів, переміщення яких через митний кордон України заборонено; робіт і послуг; фінансових ресурсів (грантів) у національній чи іноземній валюті; інших ресурсів, не заборонених законодавством України.

Для успішної перемоги України в російсько-українській війні є безперервне, своєчасне та повне забезпечення необхідним озброєнням та військовою технікою, боєприпасами та матеріальним засобами.

Збройні Сили України найбільш невідкладних потребують: літальну зброю, ППО, зенітні установки, ПЗРК, артилерійські снаряди та броньовану техніку.

Для того, що Україна перемогла у війні з росією, необхідно збільшити постачання військової техніки та спорядження. Україна має боєздатну армію, здатну вирішувати бойові завдання будь-якої складності, але недостатньо ресурсів для того, щоб армії було чим воювати.

Ключ для української перемоги перед російським агресором це міжнародна технічна допомога країн-партнерів, завдяки якій скоріше настане мир в Україні, в Європі та у всьому світі, це буде прикладом єдності цивілізованих та демократичних країн у вирішенні небезпечних потенційних загроз миру.

**НАУКОВІ СКЛАДОВІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО
РОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТНИХ ПІДРОЗДІЛІВ (ЗАСОБІВ),
РОЗГОРТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ КОМУНІКАЦІЙ ТА ОЦІНЮВАННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ ЦЬОГО ПРОЦЕСУ**

Р.В. Перелигін

Національний університет оборони України

На основі вибору та обґрунтування показників і критеріїв оцінювання ефективності перевезення та транспортування матеріальних засобів (МЗ) угруповань військ (сил) в операціях, пропонується удосконалити методіку раціонального розподілу транспортних підрозділів (засобів) та розгортання транспортних комунікацій при перевезенні та транспортуванні МЗ угруповань військ (сил), що складає теоретичну складову дослідження і в свою чергу включає удосконалену математичну модель організації та планування перевезення та транспортування МЗ угруповань військ (сил) в операціях та удосконалені часткові методики раціонального розподілу транспортних підрозділів (засобів) за шляхами перевезення та транспортування МЗ та обґрунтування нормативів розгортання транспортних комунікацій при перевезенні та транспортуванні МЗ угруповань військ (сил) в операціях.

До другої практичної складової відносяться способи та технології щодо підвищення ефективності перевезення та транспортування МЗ угруповань військ (сил) в операціях(бойових діях), які також приведені. В основу удосконаленої математичної моделі організації та планування перевезення та транспортування МЗ угруповань військ (сил) в операціях, покладені існуючі безперервні закриті та відкриті математичні моделі застосування транспортних засобів та прості математичні моделі і моделі з фіксованими витратами ресурсів щодо розподілу транспортних засобів в процесі організації та планування перевезення та транспортування вантажів МЗ, які шляхом їх удосконалення будуть пристосовані до вимог логістичного забезпечення військ (сил).

СЕКЦІЯ 12

СТВОРЕННЯ ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ

Керівники секції: полковник Гаспарян А.Г.;
к.т.н. доц. пр. ЗС України Агафонов Ю.М.
Секретар секції: к.т.н. пр. ЗС України Грічанюк О.М.

MAIN PROVISIONS OF THE CONCEPT OF DETERRING THE AGGRESSOR COUNTRY IN THE CURRENT CONDITIONS OF ASYMMETRY OF RESOURCES AND MILITARY POTENTIAL

*A. Hasparian¹; Y. Agafonov², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Snisarenko², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Afonin¹
¹The Land Forces Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The concept of deterrence should be based on a combination of military, economic and diplomatic strategies. The military component plays the main role in this triad, and its most significant part is missile weapons. It is their development that should be aimed at achieving the necessary strategic balance, because even if the aggressor has an economic or demographic advantage, the threat of destroying its important military and value objects, decision-making centers, and elites will be a significant deterrent. The key to the development of the missile component is to ensure the sufficiency of these means; resilience to a preemptive strike by the enemy; proportionality or adequacy of the use of force against the aggressor's actions, while maintaining the potential to deter further escalation; determination to use these weapons and plausibility of the inevitable response to the aggressor's provocative actions.

Given the current state of the economy and the course of hostilities, the most appropriate option at this stage is to strengthen the missile component of the Armed Forces of Ukraine by creating ground- and air-launched cruise missiles (CM) in the form of CM with a launch weight of about 1300 kg (without a launch booster) and a payload of 480 kg to 96 kg for modifications with a maximum launch range of 300 km to 2500 km.

This solution will make it possible to create a high-precision missile weapon in a short time that will meet the basic requirements for a deterrent weapon.

MAIN DIRECTIONS OF CREATION OF ASC FOR NON-NUCLEAR DETERRENT FORCE

*Y. Agafonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Snisarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
M. Borysenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Tishkin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the armed aggression against our country, the issue of the need to create and incorporate non-nuclear deterrent forces (NPDF) into the Armed Forces of Ukraine has been increasingly raised. The relevance of this issue is confirmed not only by Ukraine's own development of missile systems of various

types and purposes and their supply to the Armed Forces of Ukraine, but also by the provision of modern missile and rocket weapons by partner countries.

It is considered appropriate to consider a three-tier structure of non-nuclear deterrent forces: tactical with a range of up to 120 km; operational and tactical – up to 500 km; strategic – up to 1500 km.

Effective management of such an interspecies grouping of units and subunits equipped with missile weapons of different range and type of basing is possible only with the use of an automated control system (ACS), which, in turn, is a subsystem of the Unified Automated Control System of the Armed Forces of Ukraine.

The report considers a variant of the structural and functional scheme of the ACS of the NNDF, its organizational, functional and technical foundations, as well as the main tasks it solves. It is shown that such an ACS is a hierarchical centralized (with elements of decentralization) structure that includes strategic, operational, tactical, and tactical levels of control, as well as means of destruction and reconnaissance.

The author proposes a variant of technical implementation of such a system on the basis of unified command and control vehicles of different levels, which is determined by the available special software based on the adopted mobile version of the product.

ANALYSIS OF THE WORLD EXPERIENCE OF THE USAGE OF GROUND BASED CRUISE MISSILES SYSTEM FOR ENGAGING TARGETS AT RANGES OF UP TO 2000 KM

*A. Hasparian¹; Y. Ahafonov², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Tishkin²; A. Zadorozhna²*

¹The Land Forces Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The most common in terms of the amount of ground-based, sea-based, and air-based complexes created are, of course, Tomahawk cruise missile complex. The first samples of these missiles began to be produced for the US Navy and Air Force in 1983. After the termination of international treaties in 2023, the United States began to produce a ground-based version of the complex, based on a multi-axle automobile chassis in the form of a launcher called "Typhon" as well as based on compact and mobile "HUMVEES". Currently, only two countries, except the United States, possess Tomahawk missile complex: Australia and Japan. Production of these missiles continues, that indicates the significant potential of this weapon for its further modernization.

The Typhon battery is part of the missile division of the multi-sector task force. It should also include a battery of hypersonic missiles, a battery of Himars complexes, and even an anti-aircraft division with support units.

Such a structure allows the using of the most effective weapon in each specific case and can be considered as a promising approach for solving local problems (conflicts), including in Europe. This is a purely American approach to using of Tomahawk cruise missiles – solving local problems or deterring the enemy with conventional weapons, while having nuclear weapons in reserve as the main deterrent.

An alternative option for obtaining such weapons could be their own production or joint production with European countries, Eastern countries, etc.

CONCEPTUAL FORECASTS FOR THE DEVELOPMENT OF UNMANNED MILITARY AIRCRAFT

V. Tkachenko, Doctor of Military Sciences, Professor;

B. Demidov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

M. Borysenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

I. Taran, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Currently, there is a steady trend toward an increase in the share of unmanned aerial vehicles in air attack capabilities. The development and production of unmanned aerial vehicles with a wide range of missions is developing dynamically. The main focus is on strike, reconnaissance and auxiliary unmanned aerial vehicles, as well as autonomous unmanned aerial vehicles with artificial intelligence, jet unmanned aerial vehicles, and interceptor unmanned aerial vehicles, multisensor unmanned aerial vehicles, swarms of unmanned aerial vehicles, unmanned aerial vehicles with automatic (automated) landing using smart software and algorithms, etc.

The greatest effectiveness of use should be expected from multi-purpose unmanned aerial vehicles that combine strike and reconnaissance functions, capable of performing a wide range of combat missions in single and group use from the air and ground platforms.

A significant increase in the autonomy and reliability of advanced unmanned aerial vehicles, as well as the expansion of their range of characteristics, necessitate the development of a new generation of onboard control systems based on the integrated use of modern intelligent technologies.

The concept of using combat unmanned aerial vehicles, in addition to their autonomous operation, should include the introduction of biomechanical technologies into the supporting structure, the organization of communication between aircraft and operators by creating a single information field, as well as their ability to participate in cyber operations.

USE OF COMMERCIAL SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS TO CONTROL LONG-RANGE UNMANNED AERIAL VEHICLES

A. Snisarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

G. Rybalka, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The current stage of hostilities with the aggressor country is characterized by the urgent need for the widespread use of long-range unmanned aerial vehicles (UAVs) to hit important aggressor targets in the deep rear.

To ensure stable and continuous control of UAVs of this type beyond the range of the traditional command radio line (CRL), it is advisable to use commercial satellite communication systems (CCS).

The use of commercial satellite communications technologies will ensure:

- control of the aircraft in its flight area;
- security of control information transmission;
- high speed of information transmission.

The report examines the capabilities of commercially available satellite communications systems, namely:

– Inmarsat. Inmarsat's specialized service, which is designed to provide communication with aircraft, is called Velaris BVLOS and operates in the L-band, which integrates the L-band streaming technology of the Australian developer Harvest Technology Group, which allows to transmit high resolution video in real time, using a small bandwidth;

– Iridium satellite communications system. Communication with the aircraft is realized through Iridium Certus 100 solutions, which are optimized within the strict requirements for size, weight and power, providing a transmission rate of 88 kbps. With the transition to Iridium NEXT spacecraft in 2018, it became possible to obtain data rates of 128 to 512 kbps for sea and air objects.

ANALYSIS OF IMAGE PROCESSING METHODS THAT CAN BE USED FOR AUTONOMOUS NAVIGATION OF UAVS

O. Hrichaniuk, Candidate of Technical Sciences;

A. Avilov; S. Artiunov; M. Kapashyn

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The most common technology that enables high-precision navigation of unmanned aerial vehicles (UAV) is the use of onboard receivers of global navigation satellite systems (GNSS) signals. However, in the absence or suppression of GNSS signals, UAVs with commercial flight controllers (FC) cannot perform autonomous flight to fulfill the planned mission. This is due to the rapid accumulation of navigation errors in the inertial navigation system of the FC.

Highly accurate and reliable UAV navigation without the use of GNSS signals is possible if additional systems are available to reduce the navigation errors of the inertial system. This can be achieved, for example, by geodetic reference of UAVs to ground landmarks with known coordinates.

The report discusses image processing methods that make it possible to calculate the current speed of the UAV relative to the earth's surface, the ability to measure errors in estimating the current coordinates of the UAV relative to ground landmarks with known coordinates, and ensure the landing of the UAV at a given point. Examples of technical solutions are given that make it possible to apply these image processing methods for UAV navigation with commercial FCs.

RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF MISSION EXECUTION BY UAV IN THE CONDITIONS OF SPOOFING OR SIGNAL SUPREME OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS

O. Hrichaniuk, Candidate of Technical Sciences;

A. Avilov; S. Artiunov; M. Kapashyn

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the absence (suppression) of global navigation satellite systems (GNSS) signals, an unmanned aerial vehicle (UAV) equipped with a conventional commercial open-source flight controller (FC) cannot fly in automatic mission mode. In the conditions of GNSS signal spoofing, such a PC cannot correctly perform the mission programmed for the UAV. After the navigation receiver

receives false coordinates, the PC calculates the navigation parameters with an error equal to the difference between the correct geodetic coordinates and the false coordinates transmitted by the spoofing system.

However, the PC has a set of sensors (gyroscopes, accelerometers, magnetic compass, barometer, etc.) that can be used to solve the navigation problem. In this case, the value of navigation errors will increase during the UAV flight.

The report discusses ways to customize the configuration of open-source PCs that allow UAVs to cross the areas of operation of electronic warfare equipment that suppress or spoof GNSS signals. The results of flight tests of UAVs in the conditions of electronic warfare are presented.

DEVELOPMENT OF TRENDS IN THE USE OF DESTRUCTION MEANS TO UAV

A. Snisarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

G. Rybalka, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The current stage of hostilities with the aggressor country is characterized by the enemy's widespread use of unmanned aerial vehicles (UAV), both domestic and foreign, which can perform the following tasks

- reconnaissance of the combat positions of our troops in the depths of defense and important military and civilian facilities;
- strikes on the positions of our troops, including the accumulation of personnel and military equipment, as well as on civilian critical infrastructure;
- adjusting artillery fire;
- relaying signals;
- setting false targets to disrupt the work of domestic air defense.

The report discusses:

- means of detecting UAVs;
- possible options for combating UAVs. Possible threats to UAV radio control and navigation channels are analyzed. It is shown that such threats can be realized through the use of domestic and foreign-made electronic means of combating UAVs, including mobile stations and portable electronic guns and dome-type electronic means. The trends in the development of electronic warfare against UAVs are considered;

- firearms: air defense systems of land forces and small arms, which are equipped with mobile fire groups.

Taking into account practical experience, the methods of fire destruction used by mobile groups to combat enemy UAVs are considered.

MATHEMATICAL MODEL OF THE FUNCTIONING OF A MOBILE ARMAMENT COMPLEX OF MISSILE TROOPS AND ARTILLERY OF THE GROUND FORCES AS PART OF A RECONNAISSANCE AND STRIKE SYSTEM

O. Balabukha, Candidate of Technical Sciences

Kharkiv National Air Force University of Ivan Kozhedub

The report deals with the main stages of mathematical modeling of the process of functioning of the mobile weapons complex of the missile troops and artillery of the Land Forces as part of a reconnaissance and strike system. The aim of the work

is to assess the survivability and effectiveness of the combat use of a mobile weapons system of the missile forces and artillery of the Land Forces as part of a reconnaissance and strike system in the face of counteraction of enemy reconnaissance and strike systems at different stages of the mobile weapons system's operation in the positional area.

A mathematical model has been developed that, unlike the known ones, takes into account the individual operational properties of the transport units of the mobile weapon system, the terrain and road conditions in the positional area of the mobile weapon system, as well as the tactical and technical characteristics of the enemy's reconnaissance and firearms as part of reconnaissance and strike systems:

- the width of the viewing (reconnaissance) band of reconnaissance equipment (means);
- the probability of recognition (identification) of the detected object (target);
- the intensity of reconnaissance by the enemy's means.

The results of the modeling can be used to formulate scientifically based requirements for combat and operational parameters of the prospective mobile weapons complex of the missile forces and artillery of the Land Forces as part of a reconnaissance and strike system.

RECOMMENDATIONS ON METHODS (TECHNIQUES) OF USING UNMANNED AERIAL SYSTEMS TO COMBAT ENEMY RECONNAISSANCE UNMANNED AERIAL VEHICLES

O. Balabukha, Candidate of Technical Sciences;

H. Kachurovskiy, Candidate of Technical Sciences;

A. Kovtunov, Candidate of Technical Sciences;

*V. Kobzev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Kharkiv National Air Force University of Ivan Kozhedub*

The report presents recommendations on methods (techniques) for the use of unmanned aerial systems to combat enemy reconnaissance unmanned aerial vehicles (UAVs).

The purpose of the work is to develop scientifically based practical recommendations on the possible composition, purpose, principles of operation and procedure for the use of unmanned aerial systems to combat reconnaissance and strike UAVs.

The paper presents: the content of the principles of using UAV interceptors with the use of special software that ensures the integration of unmanned aerial systems with situational awareness systems and radar stations, as well as the technical characteristics of the objects of action and the conditions for the use of unmanned aerial systems to combat enemy reconnaissance UAVs.

Recommendations have been developed that can be used in the formation of scientifically based methodological recommendations for the training of external UAV interceptor crews in units (subunits) of the Air Force and the Army of the Armed Forces of Ukraine to organize systemic counteraction to enemy reconnaissance UAVs.

The expected result is the acquisition of capabilities to successfully intercept enemy reconnaissance UAVs in semi-automatic mode in the absence of satellite navigation system signals.

Thus, recommendations on ways (techniques) of using unmanned aerial systems to combat enemy reconnaissance UAVs are presented.

DECENTRALIZED TARGET ALLOCATION IN UAV SWARMS VIA VISUAL ENUMERATION AND UNIQUE SEQUENTIAL IDENTIFICATION

*V. Fustii, Ph.D.; O. Snitsarenko; A. Zadorozhna; L. Kraichyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

This thesis addresses the challenge of coordinating UAV swarms in communication-denied environments, focusing on efficient and proportional target allocation without inter-drone communication. Conventional methods that depend on centralized control or consensus algorithms struggle in these situations, often resulting in conflicts where multiple UAVs chase the same target. The proposed solution combines visual target enumeration with unique UAV identifiers to enable decentralized, conflict-free allocation.

Each UAV is assigned a unique sequential ID before the mission. During operation, drones detect and sort targets using a shared spatial reference (e.g., geospatial coordinates or visual landmarks) to ensure consistent enumeration across the swarm. Targets are sorted in a predefined order, and each UAV claims targets based on its ID using a modulo operation. For example, in a swarm of three UAVs, UAV-1 takes the 1st, 4th, 7th targets; UAV-2 takes the 2nd, 5th, 8th; and so on. This ensures proportional distribution without communication.

To adapt to changing environments, UAVs continuously re-enumerate targets and reapply the allocation rules. A timestamp-based redundancy mechanism addresses rare conflicts that may occur when two UAVs momentarily select the same target.

This work underscores the viability of deterministic, vision-based allocation systems as a foundation for scalable and resilient UAV swarm operations. The upcoming experimental phase will rigorously validate these concepts, providing empirical insights into real-world deployability and limitations.

JUSTIFICATION OF THE POSSIBILITIES OF USING RICOTCHING TRAJECTORIES TO INCREASE THE FLIGHT RANGE OF AERO-BALLISTIC MISSILES

*Y. Agafonov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Bindalov¹; V. Cheranovskiy², Candidate of Technical Sciences
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Scientific Research Institute "Problems of Physical Modeling
of Aircraft Flight Modes"*

In the process of designing aeroballistic missiles (ABM), it is necessary to consider possible constraints on dimensions and launch mass while striving to maximize launch range, as well as the need to perform terminal guidance maneuvers based on the image of the Earth's surface in the target area.

The solution to the assigned tasks is possible through ballistic design to determine the optimal combination of design and structural parameters of the ABM. A key feature of this approach to ABM design is the consideration of available aerodynamic efficiency in the mathematical modeling of controlled flight.

The obtained results allowed to draw the following conclusions:

- An aeroballistic trajectory with a 'ricochet' and subsequent dive onto the target from a predetermined altitude allows for an increase in the maximum flight range by up to 40% compared to its maximum ballistic range;
- The aerodynamic configuration of the aeroballistic missile (ABM) must ensure a maximum aerodynamic efficiency of at least 5, which will allow it to perform a 'ricochet' in the atmosphere and dive onto the target from a predetermined altitude;
- The structural strength of the aeroballistic missile (ABM) with a "ricochet" maneuver must withstand transverse overloads of up to 17 g, which is significantly lower than that of a conventional ABM.

PECULIARITIES OF CALCULATION OF COMMAND RADIO LINES OF CRUISE MISSILES FOR OPERATIONAL AND TACTICAL PURPOSES

A. Snisarenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

V. Yunda², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy

Since the outbreak of armed aggression against our country, the issue of the need to develop and massively use cruise missiles (CM) in combat operations to hit the most valuable enemy targets has been increasingly raised.

One of the options for achieving target engagement accuracy is to control a cruise missile using command radio links (CRL).

The report discusses the peculiarities of the combat use of ground-launched cruise missiles. It is shown that the organization of a cruise missile radio channel in the ultra-short wave range is possible if the following two conditions are met:

- line-of-sight between the CM and the flight control center;
- ensuring the required signal-to-noise ratio at the receiver input for high-quality operation, which can be assessed based on the analysis of the radio channel budget.

As an alternative, the possibility of using the short-wave (SW) range to organize a radio channel for the command radio links with guaranteed transmission of command information and adaptation to the dynamic interference situation in the SW range based on the use of technology for automatic establishment and maintenance of radio communication in automatic mode ALE (Automatic Link Establishment), which will provide resistance to targeted electronic countermeasures of the enemy and relatively low cost of equipment.

SYSTEM OF AUTOMATIC GEOTAGGING OF PHOTOS TAKEN DURING THE UAV FLIGHT

O. Hrichaniuk¹, Candidate of Technical Sciences;

M. Svitenko², Candidate of Technical Sciences; A. Avilov¹; S. Artiunov¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification

If aerial photography using unmanned aerial vehicles (UAVs) is carried out with conventional cameras, there is a problem of high labor costs when processing the received images. The operator of a graphical workstation needs to manually review a large number of photos and georeferenced them to a digital map of the area. This process is very time-consuming. Operators can get tired and make mistakes during

long hours of work. To speed up and automate the process of georeferencing images, it is necessary to have information about the coordinates and spatial position of the UAV at the time of photographing the area. Therefore, the implementation of automatic geotagging of images during aerial photography using UAVs is relevant.

The report presents the results of the development of a software and hardware complex for automatic image geotagging (AIG) during aerial photography using conventional cameras mounted on UAVs. The composition and functional diagram of the AIG complex are considered, and an example of technical implementation is given. The results of flight tests of a UAV equipped with a camera on a gyro-stabilized gimbal and an AIG complex are also presented.

PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF A MOBILE COMPLEX FOR COUNTERING RECONNAISSANCE AND STRIKE UNMANNED AERIAL VEHICLES OF THE ENEMY

M. Maksymov¹; O. Balabukha¹, Candidate of Technical Sciences;

O. Kolomiitsev², Doctor of Technical Sciences, Professor;

S. Kombarov¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

The relevance of the issue of development, implementation and further development of mobile systems for countering reconnaissance and attack unmanned aerial vehicles (UAVs) of the enemy is determined by the need to provide air defense coverage for units of the Armed Forces of Ukraine and critical infrastructure facilities in the face of limited resources in relation to the quantitative potential of regular air defense capabilities.

The aim of the work is to acquire the capabilities of the air defense units of the Armed Forces of Ukraine to effectively counteract enemy reconnaissance and strike UAVs to ensure a sufficient level of survivability of the objects covered in the course of hostilities.

The report offers for consideration proposals for the use of a specialized UAV interceptor as part of mobile countermeasures as a means of implementing a kinetic method of influencing enemy UAVs in the process of defeating them.

Important aspects of the work are the realization of the ability of the control system of the UAV interceptor as part of mobile countermeasures to integrate with existing and future radar detection (surveillance) systems, automate the processes of determining the coordinates of the enemy UAV in space, calculate its trajectories for interception by mobile countermeasures in a semi-automatic mode in the absence of signals from satellite radio navigation systems.

СИСТЕМА АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ

С.П. Фриз, д.т.н., проф.; І.А. Солоній; Р.І. Лобода

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

В основі концепції сучасних підходів по створенню розвідувально-ударних систем мають знаходитися спеціалізовані технічні засоби, завдяки яким є можливість проводити ефективне виявлення різномітного озброєння та

військової техніки противника, їх ідентифікацією та забезпечення виконання заходів комплексної протидії і подавлення.

Однією з можливих компонентів таких систем є акустична складова та її засоби, що дозволяють визначати місця вогневих точок стрілецької зброї переднього краю противника. Акустичні системи у порівнянні з оптико-електронними та тепловізійними мають безперечні переваги, що визначаються простотою технічних рішень в реалізації, зручністю у користуванні й технічному обслуговуванні, наявністю і доступністю комплектуючих та відносно невисокою вартістю.

Серед різноманітності елементів, що формують склад акустичної системи, виділяють основну групу до якої мають входити: набір акустичних сегментів; засоби комутації та передачі сигналів; програмний модуль з перетворення і обробки та модуль передачі інформації по каналам дротового та бездротового мережевого зв'язку.

Суттєвим доповненням у розширенні можливостей застосування даного типу систем є їх спроможність, без внесення суттєвих змін до програмної архітектури та складу компонентів, визначати місця розгортання бойових розрахунків, як мінометних так і більшості артилерійських працюючих систем противника, а також за необхідністю здійснювати корегування систем важкого озброєння підрозділів Сил оборони України.

Перспективним варіантом подальшого розвитку за даним напрямком є об'єднання окремих акустичних систем в єдиний вимірювальний комплекс з наступною інтеграцією результатів обробки до систем ситуаційної обізнаності й управління боєм.

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРІШНІХ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ РАКЕТНИХ ДВИГУНІВ

М.С. Хорольський, к.т.н., доц.; Р.В. Мандзюк;

О.В. Бондаренко, к.т.н., доц.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

Для сучасного ракетного озброєння (РО) характерне суттєве збільшення дальності польоту. За таких умов збільшується тривалість польоту ракети або реактивного снаряду (РС) після використання палива і суттєвого зменшення жорсткості корпусу двигуна при його інтенсивному нагріванні.

При розробці РО з урахуванням макетування традиційний підхід до визначення теплофізичних характеристик внутрішнього теплозахисного покриття (ВТЗП) полягає у вимірюванні температури корпусних деталей протягом роботи нерухомого макету двигуна. Недоліком такого підходу є те, що протягом роботи реального РО певну кількість теплоти накопичує ВТЗП. Протягом подальшого польоту ця теплота передається корпусу двигуна і буде сприяти його знеміцненню.

Пропонується для імітації роботи реального РО розташовувати всередині макету корпусу джерело тепла (електрична спіраль, потік нагрітого газу), а сам макет може закріплюватися в обертальному шпинделі та/або розташовуватися в аеродинамічній трубі. Змінюючи характеристики джерела тепла можливо моделювати температурний вплив на конструкцію двигуна різних рецептур ракетного палива.

ЗАСТОСУВАННЯ НАДВИСОКОЧАСТОТНОЇ РАДІОМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ

В.М. Биков¹, д.т.н., с.н.с.; С.О. Вінніченко¹;

В.В. Хардіков¹, к.ф.-м.н., доц.; О.М. Грічанюк², к.т.н.

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Процес розмінування територій є складним і трудомістким завданням, значна частина якого пов'язана з виявленням мін, боєприпасів і вибухонебезпечних предметів, що не розірвалися. За оцінками фахівців, до 50% часу роботи саперів витрачається саме на пошук та ідентифікацію таких загроз. Ці витрати можна суттєво скоротити шляхом впровадження сучасних технологій дистанційного зондування, зокрема радіометричних систем, здатних виконувати пошук мін та нерозірваних боєприпасів у автоматичному режимі без безпосередньої участі людини.

В останні роки розроблено кілька типів технічних рішень для виявлення прихованих об'єктів. Серед них можна виділити як активні системи (радіолокатори), що здійснюють активне сканування місцевості, так і пасивні (радіометри), які реєструють природне випромінювання об'єктів. У ряді випадків застосовується комбінований підхід, коли радіолокаційні та радіометричні системи працюють спільно, доповнюючи одна одну і підвищуючи ефективність виявлення вибухонебезпечних предметів.

Метою даного дослідження є розробка і впровадження активно-пасивного радіометра для пошуку, ідентифікації та знешкодження вибухонебезпечних предметів. Така система поєднує переваги двох підходів, забезпечуючи вищу точність і надійність роботи навіть у складних умовах.

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ВРАХУВАННЯ ПОВОРОТУ ТА РОЗМАСШТАБУВАННЯ ПОТОЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ У СИСТЕМАХ НАВІГАЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Я.М. Кожушко¹, к.т.н., ст.д.; О.М. Грічанюк², к.т.н.;

О.С. Калмиков³; Д.А. Спирін¹

¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової технік;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;

³Харківський національний університет радіоелектроніки

Наявність поворотів та спотворень масштабу поточного зображення (ПЗ) негативно впливає на надійність роботи кореляційно-екстремальних системах навігації (СН). Було досліджено вплив поворотів і спотворень масштабу на СН літального апарату, яка здійснює прив'язку зображень за допомогою моделі машинного навчання Microsoft ML.Net. ПЗ формувалось вирізанням з еталонного зображення (ЕЗ). Проведений експеримент показав стійкість моделі до змін масштабу та орієнтації ПЗ, підтверджуючи можливість її використання для точної локалізації літального апарату без значної втрати якості розпізнавання ПЗ, як фрагменту ЕЗ. Для повторного експерименту була протестована нейронна мережа ResNet, яка добре зарекомендувала себе для задач класифікації та виявлення об'єктів. Вказана нейронна мережа також продемонструвала високу точність і стабільність, з мінімальною чутливістю до

зміни кутів повороту та масштабу ПЗ. В обох випадках застосування нейромереж для суміщення ПЗ та ЕЗ було вдалим при повороті ПЗ до 40 градусів та коефіцієнті розмасштабування ПЗ від 0,5 до 1,5. Таким чином, використання нейромереж в СН літальних апаратів знижує негативний вплив поворотів та спотворень масштабу ПЗ, тобто є перспективним.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: СЬОГОДЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ

В.Г. Сайко; М.О. Зінченко; Г.П. Прис; В.О. Комаров
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

На сьогоднішній день роль і частка участі безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та дронів у бойових діях стрімко зростає. В даний час БпЛА розроблені або розробляються здебільшого для вирішення наступних завдань:

1. Розвідка чи цілевказівка. Ці БпЛА оснащуються відеокамерами, станціями РЛС та тепловізійними камерами, що робить їх першокласними розвідниками. Перевагами розвідки за допомогою тепловізора є прихованість її ведення.

2. Як ударні засоби. Зараз у світі є безліч БпЛА різного типу, наприклад, квадрокоптери-камікадзе і потужні дрони, здатні нести десятки кілограмів бомб і ракет і супутниковий канал управління – тобто дальність у тисячі кілометрів. Роботи йдуть у напрямку створення автономних збройних систем, які можуть захоплювати та вражати ціль самостійно.

3. Побудова карт місцевості. Побудова 3D-плану місцевості, моделювання поверхні, обчислення площ та обсягів об'єктів, розташованих на певних ділянках, виявлення шляхів руху техніки – все це сьогодні під силу дронам.

4. Створення перешкод зв'язку чи його відновлення. Прості за конструкцією БпЛА сьогодні вже активно використовуються як глушилки зв'язку на певних площах.

5. Розмінування. БпЛА здатні не тільки виявляти приховані від людського ока деталі, а й знешкоджувати їх, якщо йдеться про заміновані об'єкти.

6. Проведення диверсійних операцій. Треба оснастити БпЛА засобами ураження, що здатні виводити з ладу значні за довжиною об'єкти інфраструктури: мережі електропостачання, контактні проводи та рейки залізничної структури тощо.

7. Боротьба з повітряними цілями типу вертоліт, планер, БпЛА, а також з такими цілями, як прив'язні аеростати та дирижаблі за допомогою вогнететів, встановлених на борту.

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ ПАЛУБНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ І СИСТЕМ ІРАНЬСЬКОГО АВІАНОСЦЯ SHAHID BAGHERI

С.І. Задерієнко, к.військ.н., доц.
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Іранський авіаносець Shahid Bagheri, бортовий номер С110-4 був створений з контейнеровоза Peregine, якому на 240-метрову палубу додали: 170-метрову злітну смугу з носовим трампліном під кутом у 20 градусів, аерофінішер з трьома тросами, підйомник літаків діаметром 15 метрів і три підйомники боєприпасів.

З відео оприлюдненого іранським виданням Tasnim Military можна зробити висновки про палубні засоби авіаносця, до яких увійшли: невеликі іранські розвідувальні БПЛА вертикального зльоту-посадки Нона; патрульно-ударні дрони Mohajer-6 у корабельній версії, з гаком; пілотовані гелікоптери американського сімейства Bell 206 JetRanger, Bell TH-67 Creek озброєні протикорабельною ракетою Nasr-1 на нижній підвісці. Також авіаносець пристосований до перевезення та бойового застосування малих ракетних катерів типу Ashura, Zolfaqar, озброєних ракетами Kowsar 222, здатними вражати як надводні, так і повітряні цілі на відстані до 17 км.

До складу палубної авіації також можуть входити пілотовані винищувачі F-313 Qaher з низькою радіолокаційною помітністю або безпілотні версії цього винищувача, відомі як JAS-313. Обидві модифікації як JAS-313 так і F-313 можуть нести дві 910 кг бомби, або більшу кількість менших керованих ракет, зокрема 6 ракет класу “повітря-повітря” типу PL-12.

Вочевидь не досягнувши особливого успіху в розробці пілотованих засобів, іранські розробники використали готові напрацювання для оснащення авіаносця переважно безпілотними розвідувально-ударними системами.

METHODS OF DETERMINING NECESSARY MECHANICAL LOADS AND SELECTION OF LABORATORY EQUIPMENT WHEN PLANNING LABORATORY MECHANICAL TESTS OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT SAMPLES

*V. Kuznetsov; S. Orlov, Ph.D.; K. Kondratiuk
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

Ensuring the necessary level of reliability, durability and quality functioning of weapons prototypes and military equipment (WPME) requires conducting various tests, one of the stages of which is laboratory mechanical tests.

The report examines how various mechanical factors affect the performance of WPME; the basics of organization and methods of conducting laboratory tests are outlined; features of the impact of vibration and dynamic loads on WPME and the most common methods of random vibration and shock analysis are indicated. Considerable attention is paid to test equipment, test planning, measurement process and processing of results. Technical rationales for various options for mechanical tests are provided. The rationale for mutual changes in the duration of mechanical loads influences is given, as well as equivalent options for conducting mechanical tests on various equipment.

The report substantiates the concept of test planning, according to which it is suggested to start mechanical laboratory tests with mechanical loads, to the changes of which the equipment is the most critical, or with elements, the inaccuracy of the parameters of which is most likely to be calculated.

The methods of determining the required mechanical loads and selecting laboratory equipment during the planning of laboratory mechanical tests proposed in the report allow for any set of specified mechanical loads and mechanical properties of materials to simulate laboratory mechanical tests of WPME with sufficient accuracy.

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ШРАПНЄЛЬНИХ РАКЕТ ДЛЯ УРАЖЕННЯ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ

*М. Гуменюк, к.т.н., доц.; С. Коровайний; А. Дорда; Р. Сінгаєвський
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Однією з основних особливостей ведення бойових дій на сході України є динамічна зміна складної радіоелектронної обстановки. Постійне зростання парку станцій радіоелектронної боротьби, використання різнотипних способів радіоелектронного подавлення зумовлюють необхідність протидії шляхом знищення станцій радіоелектронної боротьби противника. Це, у свою чергу, актуалізує необхідність пошуку підходів до знищення цих станцій високоточною зброєю, що надається партнерами. Формування таких підходів базується на проведенні аналізу тактики дій підрозділів радіоелектронної боротьби, а саме: способів розміщення, маскувannya та порядку (режимів) роботи.

В доповіді проаналізовано застосування сил і засобів радіоелектронної боротьби збройних сил рф у ході війни проти України. Визначено основні завдання, що виконують підрозділи радіоелектронної боротьби противника. Наведено унікальний досвід безпосереднього виконання завдань щодо пошуку та вогневого ураження високотехнологічних зразків озброєння та військової техніки противника, а саме засобів радіоелектронної боротьби, а також досвід, накопичений іншими частинами та підрозділами, що дозволяє сформулювати низку основних положень щодо особливостей розміщення, маскувannya й застосування противником засобів радіоелектронної боротьби та запропонувати формалізований методологічний підхід до оцінювання ефективності застосування високоточних засобів ураження.

ПЕРСПЕКТИВИ СЕРТИФІКАЦІЇ БПЛА ЗА ПАРАМЕТРАМИ ЕМС

*С.Г. Буряковський, д.т.н., проф.; В.В. Князєв, к.т.н., с.н.с.
Харківський національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”*

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) ефективні при виконанні різноманітних завдань. Досвід застосування БПЛА за останні роки свідчить, що при активній протидії частина БПЛА не досягає цілі, у тому числі в наслідок електромагнітного впливу від систем радіоелектронної боротьби (РЕБ). Суттєва причина обумовлена тим, що зразки БПЛА, які виробляються в Україні, або постачаються за кордону, не проходять жодних випробувань щодо рівня їх стійкості до електромагнітного впливу. Цей факт є наслідком відсутності стандартів НАТО/США з відповідними вимогами до БПЛА, що дозволяє виробникам не звертати увагу на фактичний рівень стійкості, а користувачі, не мають змоги такі вимоги пред'являти.

Матеріали доповіді обґрунтовують методологію за якою пропонується розробити відповідний стандарт. Основні етапи вказано далі:

здійснити аналіз параметрів електромагнітних впливів відомих систем РЕБ та інших техногенних джерел в залежності від відстані їх дії;

розподілити дані за принципом дестабілізуючої дії: ураження або створення завад у системах передачі інформації та керування;

визначити градацію параметрів електромагнітних впливів з урахуванням імовірності їх появи, та узагальнити в якості вимог несприйнятливості для конкретних типів БПЛА.

Внаслідок уніфікації вимог зразки БПЛА матимуть визначений рівень стійкості до впливу зовнішніх ЕМП, що підвищить ефективність застосування БПЛА.

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ПУСКІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Ю.І. Пушкарьов, к.військ.н., доц.; В.П. Іщенко; Д.В. Горб
Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

У доповіді розглядається перспективні способи підготовки даних для пусків літальних апаратів (далі – ЛА).

Спосіб визначення поправок для підготовки даних для пусків ЛА шляхом ведення пристрілювання з наступним визначенням точки падіння ЛА відносно цілі та обчислення поправок в напрямок і дальність, який відрізняється тим, що пристрілювання здійснюють ЛА, в якому замість вибухової речовини встановлюють GPS-трекер, при цьому балістичні характеристики такого ЛА підтримують на рівні бойового ЛА, а для визначення точки падіння ЛА відносно цілі на вогневій позиції встановлюють базову станцію GPS і здійснюють підготовку ЛА з GPS-трекером.

Мета роботи – прийняття на озброєння перспективних коректованих ЛА на кінцевій ділянці траєкторії в “системі GPS-трекер”, враховуючих відхилення дійсних умов пусків від табличних.

Наведено аналітичний огляд сучасного стану ураження цілей звичайними ЛА, розроблено алгоритми оптимізації ураження цілей коректованими ЛА з GPS-трекерами у взаємозв’язку з базовою станцією GPS.

Отримані результати підтверджують необхідність прийняття на озброєння коректованих ЛА, з використанням системи “Літальний апарат з GPS-трекером – базова станція GPS”.

Висновки: Прийняття на озброєння коректованих ЛА в системі GPS-трекер сприяє значному підвищенню точності визначення установок для пусків ЛА скороченню часу на підготовку даних, покращенню показників ефективності ураження цілей і зменшенню витрати ЛА щодо їх ураження та як результат підвищенню ефективності вогню артилерії.

ОСНОВНІ ВИМОГИ З ОЦІНЮВАННЯ БПАК, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ В УМОВАХ НАБЛИЖЕНИХ ДО БОЙОВИХ

*В.В. Рагулін; О.В. Фесюк; К.В. Фесенко; І.А. Шеремет
Навчально-науковий випробувальний полігон
високотехнологічного озброєння та військової техніки
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Розглянемо ці вимоги на підставі аналізу впроваджених та апробованих методик, на прикладі оцінювання вимог щодо здійснення польоту за маршрутом з поверненням до точки зльоту з перевіркою можливості

виявлення цілей та ведення повітряної розвідки. Основним параметром, який оцінюється, є максимальна дальність з якої за допомогою ЦС БпЛА є спроможним виявити, розпізнати та ідентифікувати типову ціль. Вимірювання проводяться для денних та нічних умов (параметри оптичної видимості та освітлення дорівнюють $(3÷5) \times 10^{-3}$ Лк) при метеорологічній дальності бачення не менше 5 км і контрастності об'єкта відносно фону не менше 0,5. Для цієї перевірки типові цілі мають знаходитись на відкритій місцевості. Ціль має бути проєктованою на фоні відкритої місцевості або дальнього лісу. Типові цілі мають розташовуватись в лінію такої довжини, щоб кожна з них потрапляла в поле зору ЦС БпЛА на всіх контрольних точках. Відстань між граничними типовими цілями визначається під час контрольного польоту і може бути змінена під час проведення випробувань за рішенням керівника випробувальної бригади. Зона для польотів повинна забезпечувати можливість відльоту від цілі на дистанцію на 15 км (або більшу від заявленої в ТТХ максимальної дальності виявлення типових цілей). Польоти проводяться на робочій висоті, що задовольняє умові прямої видимості типових цілей з БпЛА. Визначення дальності виявлення, розпізнавання та ідентифікації цілі проводиться при максимальному збільшенні, за наявності можливості збільшення. Перевірка можливості спостереження та супроводження цілі і можливості збереження та відображення об'єктів (цілей), орієнтирів проводиться впродовж всього випробування (польотів БпЛА) та визначається візуально.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО МІШЕНЕВОЇ ОБСТАНОVKИ ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ БпАК В УМОВАХ НАБЛИЖЕНИХ ДО БОЙОВИХ

О.В. Фесюн; В.В. Рагулін; К.В. Фесенко; Є.О. Шинкаренко

Навчально-науковий випробувальний полігон

високотехнологічного озброєння та військової техніки

Державного науково-дослідного інституту

випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Мішенева обстановка створюється у відповідності до завдань бойової підготовки та задуму випробувань з урахування розміру полігона з метою імітації дій та позицій відповідних підрозділів противника. Для створення мішеневої обстановки полігона використовуються наземні, повітряні та морські мішені. Мішень – це штучна ціль, яка імітує один, декілька або всі найбільш характерні ознаки реальної цілі: розмір, форму, колір, іноді матеріал, спосіб і швидкість руху, маневри та інше. У якості мішеней можуть використовуватися макети озброєння та військової техніки промислового виробництва або реальні її зразки. За призначенням мішені поділяють на тактичні, спеціальні та навчальні. Наземні мішені імітують цілі, що знаходяться на поверхні або частково заглиблені у ґрунт. Навчальні мішені використовуються для початкового навчання особового складу підрозділів і військових частин прийомам застосування БпЛА. Тактичні мішені призначені для відпрацювання операторами БпАК тактичних прийомів нанесення ударів. Спеціальні мішені призначені для доведення характеристик прицільно-навігаційної систем та забезпечення полігонних випробувань БпАК і створюються у відповідності до вимог методичних вказівок щодо забезпечення цих випробувань. У якості спеціальних мішеней можуть

використовуватися макети бойової техніки промислового виробництва та виготовлені силами особового складу полігона, бойова техніка та майно п'ятої категорії, а також каркасно-надувні макети промислового виробництва з імітацією випромінювань різного типу. З метою визначення результатів дій екіпажів під час бойових застосувань БпАК по наземним мішеням для кожної мішені обирається залікова площа (виявлення, ураження) у відповідності до рекомендацій з бойової підготовки розрахунків БпАК.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ БЕЗПЛОТНИХ СИСТЕМ ОДНОРАЗОВИХ УДАНИХ БПЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПУ (FPV)

*Л.Б. Каневський, к.т.н., доц.; А.В. Родіонов; А.А. Мельников
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

В умовах збройної агресії російської федерації Збройні Сили України перейшли на нові принципи ведення операцій (бойових дій) військ (сил), в яких безпілотні системи займають важливе місце у забезпеченні та підтримці операцій (бойових дій).

Підрозділами Сил оборони України для розв'язання різного роду бойових та спеціальних завдань застосовується досить широка номенклатура безпілотних систем. Проте, об'єктивно однією з найбільш актуальних тенденцій яка впливає на ведення бойових дій та призводить до змін в тактиці застосування загальновійськових підрозділів є масове використання обома сторонами так званих "FPV-дронів". Застосування такого типу БпЛА стало новою формою вогневої підтримки – вони виконують значну частку завдань з вогневого ураження противника у тактичній глибині.

Масове використання ударних БпЛА зазначеного типу визначає певні особливості, які діалектично пов'язані зі способами їх застосування: класичний спосіб застосування; вільне полювання; супроводження дій штурмових груп; вогнева засідка із використанням FPV-дрону; комбінований удар; використання FPV-дрону в якості перехоплювача повітряних цілей противника.

Водночас, ці особливості обумовлюють і перспективні напрями технічного вдосконалення FPV-дронів, серед яких: збільшення завадозахищеності каналів управління та передачі даних; використання інших способів реалізації управління БпЛА у тому числі технологій самонаведення; впровадження елементів штучного інтелекту (програмне ройове застосування, системи машинного зору та розпізнавання образів), тощо.

АВТОНОМНА МОДУЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ПОЛЯ БОЮ

*Щ.В. Аргун, д.т.н., проф.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Оперативне отримання розвідувальної інформації є критично важливим для успішного ведення бойових дій. У сучасних умовах зростає потреба у мобільних та автономних системах спостереження, здатних забезпечувати моніторинг території без залучення особового складу, тому актуальною задачею є розробка автономної модульної системи спостереження (АМСС),

яка поєднує технології безпілотних платформ, інтелектуальної обробки даних та розподілених сенсорних мереж.

Основою АМСС є система взаємопов'язаних датчиків, камер та тепловізорів, які розгортаються в заданому секторі для забезпечення безперервного моніторингу. Дані передаються на командні пункти через захищені канали зв'язку, а вбудовані алгоритми машинного навчання аналізують виявлені об'єкти, визначаючи потенційні загрози. Також система може працювати у режимі автоматичного збору інформації або інтегруватися з наявними розвідувальними комплексами, що розширює її можливості.

Особливістю системи є модульний принцип побудови, який дозволяє змінювати конфігурацію залежно від завдань: розвідка, коригування артилерійського вогню, охорона периметра або контроль важливих транспортних вузлів. Крім того, передбачена інтеграція з безпілотними літальними апаратами та наземними роботизованими платформами для автоматизованого розширення зони спостереження. Перевагою є можливість швидкого розгортання в польових умовах, що значно підвищує гнучкість її застосування.

Розробка АМСС дозволить значно підвищити ситуаційну обізнаність військових підрозділів, мінімізувати ризики для особового складу та забезпечити швидке реагування на ворожу активність. Подальший розвиток передбачає вдосконалення енергетичної автономності, адаптацію до умов радіоелектронної боротьби та інтеграцію штучного інтелекту для покращення точності виявлення цілей. Окремим напрямом досліджень є підвищення захисту системи від кіберзагроз, що критично важливо в умовах сучасної війни, де інформаційна безпека має стратегічне значення.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ

*Я.В. Тарасенко, к.т.н., доц.; С.В. Орлов, к.т.н., с.н.с.;
О.Л. Кіпріанов; А.М. Сотченко*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Різноманітність задач, які ставляться перед сучасними розвідувально-ударними системами (РУС) визначає необхідність підтвердження надійності та стійкості радіоелектронних складових до зовнішніх кліматичних та механічних впливів у різних типах комплексів. Надійність електронних компонентів системи впливає на ефективність бойового застосування РУС та ураження противника. Така ситуація пояснює важливість досліджень можливості інтегрованого використання методів неруйнівного контролю з використанням інтелектуальних засобів інтеграції.

У роботі описуються особливості інтегрованого використання таких методів неруйнівного контролю електронних складових елементів РУС як тепловізійний та візуально-оптичний контроль. Інтеграція досягається за рахунок кореляційно-регресійного аналізу на основі застосування нейронних мереж для оцінки результатів випробувань. Підвищення ефективності визначення потенційних дефектів досягається завдяки інтелектуальному оцінюванню факторних та результативних ознак при кореляційно-регресійному аналізі.

Представлена у роботі технологія дозволяє виконувати неруйнівний контроль електронних компонентів ударних РУС за умов одночасного врахування впливів зовнішніх як кліматичних так і механічних факторів та їх потенційних взаємозалежностей. Інтелектуальна складова дозволяє підвищити точність оцінювання результатів неруйнівного контролю та формує підґрунтя для автоматизованого прогнозування виникнення дефектів.

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УРАЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИМИ СИСТЕМАМИ

А.І. Заплішина; О.М. Гребеник, к.т.н., с.н.с.

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

На теперішній час розвиток засобів і систем вогневого ураження об'єктів противника в основному здійснюється за напрямками: використання високоточних боеприпасів; комплексування розвідувально-інформаційних, управляючих та уражаючих засобів в єдині системи; автоматизації процесів їх підготовки до бойового застосування. Комплексуванням розвідувально-інформаційних, управляючих та уражаючих засобів у єдиній системі досягається висока ефективність ураження об'єктів противника. В Сухопутних військах такі системи, а саме розвідувально-ударні системи (РУС), створені (або створюються) на базі ракетних комплексів оперативно-тактичного і тактичного призначення, реактивних (ракетних) систем залпового вогню, артилерії. Під час створення РУС шляхом комплексування засобів розвідки, управління та вогневого ураження необхідно оцінювати вплив вірогідності розвідки на ефективність ураження об'єктів.

З цією метою розроблено методику оцінювання ефективності ураження об'єктів розвідувально-ударними системами, яка включає основні етапи з розрахунків математичного сподівання кількості енергетичних контактів, визначення імовірностей виявлення, розрахунок математичного сподівання кількості уражених об'єктів та узагальнення отриманих результатів.

Таким чином запропонована методика дозволяє оперативно оцінювати вплив ймовірності розвідки об'єктів противника з урахуванням розпізнавання на ефективність їх ураження РУС та може використовуватися для обґрунтування вимог до засобу розвідки об'єктів противника з метою його застосування у складі РУС, а також для обґрунтування задач розвідки об'єктів ураження противника під час бойового застосування РУС.

ДОСВІД БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

О.А. Василенко¹; Я.В. Ярошенко², Ph.D.

¹Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України;

²Національний університет оборони України

Під час російсько-української війни широкого поширення набули багатофункціональні безпілотні авіаційні комплекси (БпАК), які застосовуються для ведення аеророзвідки та визначення точних координат об'єктів (цілей) у режимі реального часу. Такі комплекси розроблені для роботи в умовах складної радіоелектронної обстановки, у режимі постановки

противником радіозавад або блокування супутникової навігації. Серед БпАК цього типу – “Лелека-100”, А1-СМ “Фурія”, АСУ-1 “Валькірія”, RQ-20 “Puma”, “FlyEye” тощо.

Ці комплекси показали високу ефективність під час виконання бойових завдань. Наприклад, за один бойовий виліт БпАК “Валькірія” спроможна виявляти до 20 одиниць техніки противника. БпАК дальньої дії типу “Лелека-100” має потужну систему протидії засобам РЕБ DeVigo, що дозволяє йому залітати вглиб до противника по заданому маршруту і під впливом РЕБ повертатись назад. Коригування артилерійського вогню здійснює БпАК А1-СМ “Фурія”, яка під впливом РЕБ противника може пролетіти 50 км. При наявності супутників, дуже стабільним і точним в роботі є БпАК RQ-20 “Puma”. З досвіду бойового застосування, для коригування ураження складів противника, станцій РЕБ, ЗРК ефективно зарекомендував себе БпАК “FlyEye”, який став першим комплексом іноземного виробництва, офіційно прийнятим на озброєння в Україні.

Використання повного спектру можливостей БпАК всіх типів, насамперед розвідувальних, у поєднанні із застосуванням засобів РЕБ дозволяє ефективніше виконувати бойові завдання та зменшити втрати наших військ (сил).

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ НАЗЕМНИХ ОБ’ЄКТІВ В УМОВАХ ПОДАВЛЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

*Л.М. Наумчак; О.М. Наумчак; М.П. Романчук, к.т.н., ст.д.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Досвід повномасштабного вторгнення російської федерації свідчить, що противник безперервно розвиває та вдосконалює засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ). Наслідком дії РЕБ є подавлення сигналів системи глобального позиціонування (GNSS), що унеможливило застосування класичних методів автоматичного визначення координат наземних об’єктів. Оператори корисного навантаження в умовах подавлення сигналів системи глобального позиціонування GNSS змушені вручну визначати координати наземних об’єктів, зіставляючи орієнтири на сторонніх програмних продуктах, що знижує оперативність.

В доповіді представлено аналіз бойового досвіду застосування безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) та останні дослідження у цій галузі. Запропоновано удосконалений метод визначення координат наземних об’єктів в умовах впливу засобів РЕБ противника на безпілотні літальні апарати для підвищення точності та оперативності в умовах відсутності сигналів системи глобального позиціонування GNSS. Також розглянуто алгоритм запропонованого методу визначення координат наземних об’єктів операторами цільової апаратури БпАК за результатами повітряної розвідки в умовах радіоелектронного подавлення каналів навігації.

Запропонованим рішенням завдання автоматизації процесу прив’язки реперних точок та визначення координат є використання алгоритму оброблення зображень, зокрема комп’ютерного зору, на якому базується удосконалений метод, що можна використати безпосередньо в наземній станції БпАК будь-яких класів.

МЕТОДИКА ВИБОРУ ОБ'ЄКТІВ (ЦІЛЕЙ) ДЛЯ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ УДАРНИМИ БПЛА РАЗОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ

А.М. Токар¹, к.т.н., ст.д.; В.С. Єременко²

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Військова частина А4921

Запорукою досягнення переваги над противником під час ведення сучасного бою (бойових дій) є застосування високотехнологічного озброєння та військової техніки.

Досвід ведення бойових дій Збройними Силами України та іншими складовими сил оборони України в умовах збройної агресії з боку російської федерації свідчить про зростання ролі безпілотних систем, зокрема, БпАК, та постійне розширення спектру завдань, виконання яких покладається на них.

Одним з таких завдань є здійснення вогневого ураження об'єктів (цілей) противника ударними БпЛА разового застосування у складі розвідувально-ударних систем. В умовах активного добування розвідувальної інформації щодо об'єктів (цілей) противника, актуально постає питання визначення черговості їх вогневого ураження.

У доповіді наводяться результати аналізу відомих підходів до розв'язання задачі ухвалення рішень в умовах невизначеності. Аналізуються переваги та недоліки математичного апарату, що використовується у методиках прийняття рішень. Обґрунтовуються показники та критерії, за якими здійснюється вибір об'єктів (цілей) для вогневого ураження ударними БпЛА разового застосування. Розкриваються етапи методики вибору об'єктів (цілей) для вогневого ураження ударними БпЛА разового застосування та порядок розрахунку узагальнюючого коефіцієнту, за яким приймається рішення на черговість ураження об'єкту (цілі). Наводяться результати моделювання запропонованої методики та оцінювання її ефективності. Окреслюються завдання подальших досліджень у напрямку апробації та корегування методики.

ПРИНЦИПИ ПЛАНУВАННЯ ВИПРОБУВАНЬ НА ПРОХІДНІСТЬ НАЗЕМНИХ БЕЗПІЛОТНИХ КОМПЛЕКСІВ

Н.В. Лада, к.т.н.; С.І. Трофименко; В.М. Панюков

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Для забезпечення найбільшої ефективності випробувань і гарантувати, що контролюється повна поведінка безпілотної системи, випробувальні дистанції доцільно оцінюватися зі зростаючою складністю перешкод. Починати слід із найпростішого можливого випадку (тобто вільного шляху без перешкод) і поетапно переходити до статичних, динамічних та змішаних перешкод. Найкращий підхід до організації цих випробувань – вибрати робоче середовище, а потім поступово збільшувати складність кожного тесту, щоб дослідити весь діапазон продуктивності. У цьому підході спочатку слід оцінити складність перешкод, а потім складність режиму/поведінки, потім складність місцевості. З точки зору кроків (свого роду загальний алгоритм), це матиме форму:

1. Виберіть дане середовище та заданий режим/поведінку для перевірки.

2. Поступово збільшуйте складність перешкод, доки не буде досягнуто максимально запланованої складності успішно або стався збій і виявився недолік конструкції. У разі успіху переходьте до наступного кроку; у разі невдачі вийти з тестування та повернутися до фази проектування.

3. Повторіть №1-2 для кожного режиму/рівнів поведінки режиму.

4. Поступово збільшуйте складність рельєфу (повторюючи №1-3 для кожного випадку) до максимально наміченої складності, котра успішно досягнута АБО сталася помилка та виявлено недолік конструкції.

5. Продовжуйте, доки всі параметри складності не будуть перевірені відповідно до плану тестування, повторюючи цикли № 1-4 і так далі.

ВАРІАНТ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПОНЕНТИ УРАЖЕННЯ СУЧАСНИХ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ КОМПЛЕКСІВ

А.В. Балковий

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Головна мета створення розвідувально-ударних комплексів (РУК) – підвищення ступеня реалізації вогневих можливостей угруповань військ (сил) за рахунок скорочення циклу “розвідка – ураження”.

Визначальною ознакою РУК є автономність його бойового застосування протягом певного часу у відриві від головних сил угруповання військ (сил), а також наділення командира (начальника) РУК повноваженням самостійного прийняття рішень стосовно виконання завдань з підготовки та нанесення ракетних ударів (ПНРУ).

Ураховуючи результати аналіз переліку об’єктів противника, що можуть бути призначеними для ураження РУК, особливості тактики дій та логістичного забезпечення РУК, можна стверджувати, що найдоцільніше у якості компоненти ураження застосовувати у складі РУК сучасні багатофункціональні ракетні комплекси (БФРК). У якості прикладів БФРК можна навести ракетні комплекси М142 "HIMARS" та М270 "MLRS", надані ЗС України країнами-партнерами.

Самохідні пускові установки (СПУ) таких БФРК є універсальними та спроможні застосовувати як оперативнотактичні і тактичні ракети, так і керовані та некеровані реактивні снаряди. Це значно розширює варіативність виконання завдань із ПНРУ стосовно глибини ураження, призначення ефектів ураження цілей та раціональної витрати боєприпасів.

У доповіді розкриваються переваги основних бойових та експлуатаційних властивостей СПУ БФРК, що підтверджує доцільність їх застосування у складі РУК.

РОЛЬ І ЗНАЧЕННЯ СИЛ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ У ВІДБИТТІ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ

В.Ю. Ящук, к.і.н.

Національний університет оборони України

Сили безпілотних систем – це перший в світі рід військ, який застосовує в своїй бойовій роботі повітряні, морські надводні, морські підводні, наземні безпілотні та роботизовані системи для виконання різного роду завдань в тому числі високої складності. Сили безпілотних систем поєднують в своїй роботі

передові технологічні рішення з сучасними асиметричними підходами до ведення бойових дій.

Безпілотні системи довели свою високу ефективність та незамінність в сучасній війні. Сили оборони України вже завдали критичних втрат ворожому флоту, який базується в Чорному морі та щодня знищують живу силу та техніку ворога забезпечуючи зменшення його наступальних спроможностей.

Застосовуючи сучасний багаторівневий підхід, заснований на асиметричному підході, Сили безпілотних систем здатні ефективно діяти як на стратегічних глибинах, знищуючи ворога за сотні кілометрів від лінії бойового зіткнення, так і виконувати бойові завдання безпосередньо на передньому краї.

Актуальними залишаються питання вдосконалення алгоритмічних систем для точного розпізнавання та захоплення об'єктів і подальшого їх ураження, вдосконалення навігаційних та комунікаційних систем, масштабування дронів у яких сигнали керування, телеметрія і відео сигнал передаються за допомогою кабелю оптоволокна. Щоб наземні бойові і логістичні дрони були в тісній комунікації з дронами літального типу для забезпечення кращої ситуаційної обізнаності поля бою і підвищенню ефективності по ураженні сил і засобів противника.

Досвід Сил безпілотних систем демонструє, що технологічна перевага, системний підхід та використання інноваційних рішень є ключем до ефективного виконання завдань у цій війні з переважаючими силами противника.

НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

*Д.В. Головняк, Ph.D.; Р.Г. Макаренко; С.М. Колесник
Державний науково-дослідний інститут випробувань
і сертифікації озброєння та військової техніки*

На тепер найпоширенішою стратегією застосування рухомих безпілотних систем є виконання місії індивідуально кожним рухомих виробом під керуванням оператора з використанням двосторонніх каналів зв'язку передачі сигналів з рухомого виробу до оператора, тобто реалізується метод наскрізного спілкування. Даний підхід має три суттєві недоліки: якість зв'язку залежить від відстані та характеристик середовища; доволі великий час відгуку; дрон не може оперативнo змінювати параметри руху та вчасно повідомляти про свій технічний стан, а в певних випадках неможливість відпрацювати режим "повернення до дому".

Найбільш перспективним напрямком реалізації способу застосування безпілотників є режим напівавтономного або автономного виконання місії в групі або рої. Одною із головних умов реалізації вказаного принципу є забезпечення стійкою з потрібною точністю навігаційною інформацією.

Найбільш поширеним джерелом отримання навігаційної інформації для сучасних безпілотних систем є комплексування інерційної навігаційної системи з приймачем глобальних супутникових радіонавігаційних систем. Недоліком вказаного підходу є неможливість доступу до їх інформації в певних умовах, наприклад під час впливу засобів електромагнітного випромінювання, у міській забудові та лісовій місцевості.

В якості альтернативного підходу для організації навігаційного забезпечення пропонується використання локальних наземних

радіонавігаційних систем. Локальні навігаційні системи пропонується розгортати з використанням існуючої мережі станцій видачі диференційних поправок з доопрацюванням можливості видачі навігаційних кодових повідомлень, яку доцільно доповнити додатковими локальними навігаційними станціями наприклад з використанням корпоративних станцій LTE зв'язку.

МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ ТА МЕХАНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕЛЕКТРОННИХ БЛОКІВ АПАРАТУРИ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ

С.В. Орлов¹, к.т.н., с.н.с.; Я.В. Тарасенко¹, к.т.н., доц.;

С.М. Звиглянич², к.т.н., с.н.с.; М.О.Герашенко¹

¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Високотехнологічні електронні блоки апаратури (ВЕБА), що зараз використовуються в практично усіх зразках розвідувально-ударних систем, як правило мають на борту декілька оптикоелектронних датчиків, які вимірюють поточні тиск, висоту та прискорення, а також використовуються для виявлення ворожої техніки або розпізнавання рельєфу чи об'єктів місцевості. Врахування особливостей використання кожного з датчиків створює певні вимоги під час планування випробувань. Крім того, невід'ємною вимогою до ВЕБА є забезпечення їх безвідмовної роботи на протязі зазначеного часу в визначених умовах експлуатації.

Під час проведення випробувань ВЕБА певна кількість часу приділяється на лабораторні випробування, під час яких ВЕБА штучно піддається кліматичним та механічним навантаженням, що імітують дію зовнішніх впливів під час зберігання, транспортування та застосування за призначенням. Не рідко виникає завдання зниження часу на лабораторні випробування та обмеження, пов'язані з можливостями лабораторної випробувальної бази. В цьому випадку розробка нових методів механічних та кліматичних лабораторних випробувань ВЕБА стає актуальним завданням як з наукової, так і з практичної точки зору.

В доповіді пропонуються шляхи модернізації методів кліматичних та механічних випробувань, які дозволяють підвищити точність моделювання механічних та кліматичних навантажень, що діють на ВЕБА на всіх етапах використання.

НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРИЦІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ВОГНЕВИХ ГРУП

С.О. Тишко, к.т.н., доц.; В.М. Заїка, к.т.н.; О.В. Мокринський

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Сучасні збройні конфлікти характеризуються широким застосуванням безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Одним із ефективних напрямків вирішення задач знищення такого типу повітряних цілей (ПЦ) є використання великокаліберних кулеметів. З метою забезпечення можливості використання

вказаних засобів проводяться роботи по створенню новітніх прицільних комплексів та можливості видачі інформації про ПЦ з використанням від радіолокаційних станції типу RPS-42(82) RADA.

В якості прицільного комплексу може розглядатися поєднання планшетного комп'ютера з встановленим спеціальним програмним забезпеченням (СПЗ), до якого під'єднані тепловізійний приціл, польотний контролер в комплекті з модулем GPS (з двома антенами), а також лазерний далекомір. Від станції типу RADA, через визначені канали зв'язку на СПЗ надходить інформація о параметрах руху цілі.

Однак в процесі проведення випробувань та експлуатації даної системи було виявлено ряд недоліків. З метою вдосконалення даного прицільного комплексу пропонується провести наступні доопрацювання: ввести до програмного забезпечення модуль діагностування технічного стану складових частин, надати інформацію бойовому розрахунку про виявлені відмови; провести додаткові дослідження з метою пошуку рішень направлених на зменшення вібраційних навантажень на технічні засоби; у балістичному обчислювачі передбачити можливість врахування температури ствола засобу ураження та необхідні засоби для її визначення; ввести модуль до програмного забезпечення автоматичного введення метеоумов по відомим значенням координат з дозволених джерел інформації.

ПРОТИДІЯ УДАРНИМ БЕЗПЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТАМ ПРОТИВНИКА

В.В. Варава

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Аналіз досвіду ведення бойових дій Сил оборони України у війні з російською федерацією свідчить про те, що противник активно застосовує ударні безпілотні літальні апарати (далі – БпЛА) для знищення засобів вогневого ураження Сил оборони України, особливо артилерійських систем. Зазначений факт вимагає проведення заходів, направлених на протидію ударним БпЛА противника.

Ефективність протидії ударним БпЛА противника значною мірою залежить від своєчасного їх виявлення та інженерного обладнання районів.

Основними заходами протидії ударним БпЛА є:

радіоелектронне подавлення каналів радіозв'язку та радіонавігації за допомогою комплексів (станцій) радіоелектронної боротьби;

надсилання хибних сигналів (спуфінг) до системи керування;

виведення БпЛА з ладу шляхом застосування лазерного чи мікрохвильового випромінювання.

Більш простими, але не менш дієвими заходами, які мають здійснюватися безпосередньо артилерійськими підрозділами без залучення додаткових сил і засобів, є:

знищення ударних БпЛА противника засобами протиповітряної оборони та стрілецькою зброєю;

встановлення захисних екранів (решіток, сіток) на зразки озброєння;

інженерне обладнання та маскування районів зосередження, вичікування та вогневих позицій тощо.

Комплексне виконання зазначених заходів сприятиме підвищенню живучості артилерійських підрозділів ЗС України, що у свою чергу призведе до підвищення ефективності їх застосування.

БЕЗПЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ У СКЛАДІ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ (РОЗВІДУВАЛЬНО-ВОГНЕВИХ) СИСТЕМ

Ю.Л. Вода

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Розвідувально-вогневі системи у вигляді розвідувально-вогневих комплексів (далі – РВК) створюються з метою забезпечення надійного і своєчасного ураження об'єктів противника в найкоротші строки. РВК організаційно, технічно та функціонально об'єднує засоби розвідки, управління, вогневого ураження.

Розвідувально-вогневий комплекс у всіх видах бою (дій) призначається для розвідки й ураження:

артилерійських (мінометних) батарей (взводів), підрозділів реактивних систем залпового вогню (РСЗВ);

пунктів управління військами та зброєю;

засобів протиповітряної оборони, розвідки, радіоелектронної боротьби;

колон противника.

До складу РВК включаються реактивні артилерійські та далекобійні самохідні артилерійські підрозділи, підрозділи (комплекси) артилерійської розвідки (АР), як правило, радіолокаційні, безпілотні авіаційні комплекси (БпАК). Необхідною умовою якісного функціонування РВК є наявність автоматизованої системи управління (АСУ).

Безпілотний авіаційний комплекс є важливою складовою РВК. Основними завданнями підрозділу БпАК є спостереження за полем бою, розвідка та дорозвідка цілей (об'єктів) у реальному масштабі часу, цілевказання та визначення відхиленя розривів від цілі (коректування вогню артилерії), оцінювання результатів ураження цілей (об'єктів) та їх стану. Крім того, на БпАК можуть покладатися завдання з ведення розвідки місцевості, району дій.

МОДЕЛЬ ПОБУДОВИ РОЮ САМООРГАНІЗОВАНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ВИРІШЕННІ СЛАБО ФОРМАЛІЗОВАНИХ ЗАВДАНЬ

Д.І. Жуков

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

З метою покращення показника результативності при застосуванні колективних систем безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) під час вирішення ряду слабо формалізованих завдань, доцільним є впровадження системи самоорганізованих ройів БпЛА, кожний елемент якого є найбільш універсальним.

За допомогою машинного навчання, оптимізації та налаштування, БпЛА будуть здатні виконувати більш складні завдання за менший проміжок часу.

Сутність даного методу полягає в координації усіх суб'єктів між собою у системі, останньою ланкою якої буде сам оператор.

Управління при цьому методі буде здійснюватися лише одним БпЛА, який в свою чергу проводитиме аналіз отриманої від інших агентів системи інформації та за допомогою штучного інтелекту аналізуватиме отриману інформацію, керуватиме подальшими діями колективу, прийматиме раціональне рішення та передаватиме необхідну інформацію і завдання усім іншим елементам системи.

Це у свою чергу призводить до можливості будь якому агенту стати лідером колективу у разі знищення або втрати зв'язку з агентом, який перебував у ролі лідера на той момент, що дозволить колективу продовжувати завдання.

БЕЗПЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ РФ НА ОПТОВОЛОКНІ – ВИКЛИК ДЛЯ ЗС УКРАЇНИ

В.В. Ісенко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Повномасштабна війна рф проти України відбувається у багатьох напрямках, один із них це технологічне протистояння. Воно полягає в перегонах винаходів, їхньому впровадженні та практичному застосуванні на полі бою. Найбільш показовою тут є війна із застосуванням різних типів БпЛА. На даний час новизною є застосування противником БпЛА на оптоволоконі.

Вперше ЗС України зіштовхнулися на фронті з оптоволоконними БпЛА на Курщині в серпні 2024 року. Вони виявилися невразливими для РЕБів, бо РЕБ на оптоволоконний кабель просто не може вплинути фізично, адже той не використовує радіосигнали, а лише світловий промінь, що йде через кабель. Тому такий БпЛА неможливо подавити стандартними засобами.

Найбільш розповсюджений російський БпЛА на оптоволоконі “Князь Вандал Новгородський” (далі – КВН) виробництва науково-промислового центру “Ушкуйник” з Великого Новгорода. Проте вже нині можна говорити, що це дуже небезпечна зброя проти нашого особового складу, озброєння та техніки.

Подавити такий БпЛА можна лише фізично, пошкодивши оптоволоконний кабель або сам літальний апарат чи його оператора, але це на жаль, не завжди можливо в умовах сучасної війни. На озброєнні наших військ далеко не завжди є фізичні засоби для знищення російських КВН, натомість класичний РЕБ, який би захищав від старих FPV-дронів, тут безсиллий.

Оптоволоконний БпЛА доволі важко виявити інакше, як побачити його самому або завдяки відеокамерам. Тобто для протидії новому типу дронів доведеться розробляти нову тактику. Наприклад, ставити відеокамери на техніку або застосовувати акустичні системи чи збільшити використання сіток із ліски та дротів. Усе це потребуватиме ресурсів та часу на адаптацію.

Наразі ЗС України у пошуках рішення щодо протидії російським оптоволоконним БпЛА. Проте КВН – небезпечний і все ж таки локальний засіб, але для виконання специфічних завдань противника він може бути безальтернативним.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ДАЛЬНОСТІ СТРІЛЬБИ ПЕРСПЕКТИВНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ГАРМАТ

Н.М. Козир

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Дальність стрільби перспективної артилерійської гармати є одним із головних технічних параметрів, що значною мірою визначає інші важливі характеристики основних елементів артилерійської системи (далі – АС). Максимальна дальність стрільби АС, повинна забезпечувати: ураження противника у визначеній зоні; ураження артилерії противника на вогневих позиціях; виконання завдань вогневої підтримки дій загальновійськових підрозділів; ведення вогню на дальності перспективних артилерійських систем протидіючої сторони.

Як видно з вищезазначених вимог, методика ґрунтується на аналізі розв'язуваних оперативних (тактичних) задач і об'єктів ураження в ході їх виконання, а також розташування цілей у оперативній побудові (бойовому порядку) противника.

Методичний підхід визначення вимог до дальності стрільби перспективних артилерійських гармат складається із чотирьох основних етапів.

На першому етапі з усіх можливих об'єктів (цілей) у смузі дій загальновійськових частин і підрозділів виділяються об'єкти (цілі) для артилерійського підрозділу, на озброєнні якого буде знаходитися АС, що розробляється. Під час аналізу об'єктів (цілей) необхідно виявляти і накопичувати інформацію про їх характеристики й умови ураження. Зазначені параметри впливають на висновки щодо видів артилерійських зразків, типів снарядів у складі бойового комплексу, точності стрільби, скорострільності гармат тощо. Другим етапом є розрахунок щільності розподілу об'єктів у смугах бойових дій загальновійськових підрозділів. На третьому етапі проводиться визначення віддалення вогневої позиції від лінії бойового зіткнення військ. Четвертим етапом є розрахунок максимальної дальності стрільби перспективної АС з урахуванням глибини ураження противника засобами артилерії, віддалення вогневих позицій від ЛБЗ тощо.

ДАЛЬНІЙ ВОГНЕВИЙ ВПЛИВ

В.А. Коростельов

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Дальній вогневий вплив – узгоджене та взаємозв'язане за метою, завданнями, місцем і часом одночасне або послідовне ураження угруповання військ (сил) і об'єктів противника, яке здійснюється вогневими засобами за рішенням та планом за межами ближнього бою.

Мета дальнього вогневого впливу обумовлюється стратегічними цілями, оперативними та тактичними завданнями.

Метою дальнього вогневого впливу на стратегічному рівні є завдання противнику втрат, за яких створюються сприятливі передумови щодо виконання завдань силами оборони держави.

Метою дальнього вогневого впливу (далі – ДВГВ) на оперативному та тактичному рівнях є завдання противнику втрат, за яких зменшуються його бойові можливості, знижується морально-психологічний стан, змінюється

співвідношення сил і засобів сторін на користь наших військ (сил) та створюються сприятливі умови для виконання завдань військами (силами) і досягнення мети операції (бою) у цілому.

Дальній вогневий вплив базується на принципах:

постійної готовності сил і засобів дальнього вогневого впливу до виконання завдань;

стійкого, безперервного, оперативного і скритого управління силами і засобами ДВГВ;

комплексного застосування всіх наявних сил і засобів розвідки для інформаційної забезпеченості та володіння необхідним рівнем ситуаційної обізнаності;

комплексного та ефективного застосування засобів ДВГВ (летальних і нелетальних, найбільш відповідних засобів для досягнення необхідних ефектів);

раптового і своєчасного нанесення вогневих ударів;

самостійності органів управління під час прийняття рішень на ураження об'єктів противника у своїх зонах відповідальності за розвідку й ураження;

зосередження вогню на найважливіших напрямках і по найбільш важливих і небезпечних угрупованнях військ і об'єктів противника;

своєчасного маневру силами і засобами ДВГВ.

СТВОРЕННЯ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНОГО КОМПЛЕКСУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОЗБРОЄННЯ РАКЕТНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

В.В. Кузнецов

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Ведення бойових дій у сучасних збройних конфліктах характеризується різкою зміною обстановки. Ефективність застосування артилерійського та ракетного озброєння по рухомих цілях безпосередньо залежить від оперативності прийняття рішення на ураження виявлених об'єктів противника, формування бойового завдання та його передачі до виконавців, які знаходяться у визначеній готовності до виконання поставлених завдань.

Наразі ракетними підрозділами Збройних Сил України активно застосовуються вогневі підрозділи із основними ознаками розвідувально-ударного комплексу. Як правило, вони складаються з двох компонентів:

розвідувальний безпілотний літальний апарат;

самохідна пускова установка, яка знаходиться у готовності здійснити пуск високоточних ракет у найкоротший проміжок часу.

Проте, для якісного функціонування даного комплексу не вистачає автоматизованої системи управління ракетними ударами. Її основними функціями мають бути наступні завдання:

класифікація цілей за типом, важливістю і загрозою;

прийняття цілей до ураження відповідно до пріоритетності;

розподіл ракет між цілями з врахуванням наявного ресурсу;

визначення виконавців;

постановка бойових завдань з нанесення ракетних ударів;

проведення оцінювання результатів виконання завдань з нанесення ракетних ударів;

збір інформації щодо наявності та розташування ракет.

Для підвищення ефективності виконання завдань із нанесення ракетних ударів існує потреба проведення подальших досліджень щодо створення та впровадження автоматизованої системи управління ракетними ударами.

РОЗВИТОК ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ, ЯК ОДИН З ПРІОРИТЕТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ (РОЗВІДУВАЛЬНО-ВОГНЕВИХ) КОМПЛЕКСІВ

О.В. Майстренко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Досвід ведення бойових дій під час відбиття повномасштабного вторгнення РФ показав необхідність розвитку засобів розвідки для створення розвідувально-ударних (розвідувально-вогневих) комплексів. Практика показує, що одним із найбільш затребуваних збройними силами засобів розвідки є повітряна розвідка.

Збройні сили України отримують на озброєння сучасні засоби повітряної розвідки (БпАК) з різними ТТХ. Досвід відбиття повномасштабного вторгнення РФ дозволив виявити ряд суттєвих недоліків цих засобів, що впливають на своєчасність отримання розвідувальних даних і своєчасне та ефективне виконання завдань з ураження виявлених цілей. В основному це: недостатній час перебування БпЛА в режимі ведення розвідки; низька якість оптичних приладів; відсутність камер нічного бачення або необхідність їх переустановлення в ручному режимі; недостатня захищеність засобів зв'язку та управління БпЛА від засобів РЕБ противника. Ще одним з недоліків сучасних засобів повітряної розвідки є їх недостатнє комплексування з іншими засобами розвідки та управління боєм загальновійськових підрозділів.

Шляхами вирішення цих проблем є оснащення артилерійських підрозділів більш сучасними засобами повітряної розвідки та забезпечення розвідувально-ударних (розвідувально-вогневих) комплексів сучасними системами автоматизованого збору і оброблення отриманої інформації. Це дозволить прискорити та оптимізувати процес прийняття рішень з визначення необхідних сил і засобів для досягнення поставлених задач підрозділами артилерії з ураження виявлених цілей.

ДО ПИТАННЯ ПОДОЛАННЯ БАЛІСТИЧНИМИ РАКЕТАМИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ СИСТЕМИ ППО (ПРО) ПРОТИВНИКА

Д.А. Новак

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Аналіз результатів застосування підрозділів ракетних військ Сухопутних військ Збройних Сил України у війні з російською федерацією протягом 2022 - 2024 років дає підстави стверджувати про певне зниження рівня їх результативності порівняно з початковим періодом застосування. До основних причин зниження рівня зазначеної результативності можна віднести підвищення ефективності протиповітряної (протиракетної) оборони противника.

З метою підвищення ефективності нанесення ракетних ударів в умовах інтенсивної протиповітряної (протиракетної) протидії противника у Науково-

дослідному центрі ракетних військ і артилерії проведено комплекс досліджень, в результаті яких розроблено модель для оцінювання імовірності подолання балістичними ракетами системи ППО (ПРО) противника.

За допомогою вказаної моделі розроблено рекомендації з планування, підготовки та нанесення ракетних ударів в умовах інтенсивної протиповітряної (протиракетної) протидії противника, у тому числі рекомендації із застосування на сучасних ракетах різних технічних рішень, спрямованих на забезпечення подолання ними щільної системи ППО (ПРО) противника. Крім того, результати проведених досліджень дозволили розробити поправочні коефіцієнти до призначеної витрати ракет для ураження об'єктів, захищених засобами ППО (ПРО) противника. Вказані коефіцієнти розроблено розрахунково-експертним шляхом і потребують уточнення за результатами їх практичного застосування.

ПРОТИДІЯ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТАМ

В.В. Пастухов

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Боротьба та протидія безпілотним літальним апаратам може вестися за наступними напрямками: порушення роботи бортових датчиків ворожих БпЛА за допомогою засобів РЕБ; забиття каналів зв'язку; глушення сигналів системи GPS; фізичне ураження ворожих БпЛА у повітрі стрілецькою зброєю. Перш ніж вирішувати, як краще і дешевше знищити безпілотник, його треба спочатку виявити, ідентифікувати. Як і будь-який інший матеріальний об'єкт, БпЛА має в собі певні демаскуючі ознаки, які видають його в навколишньому просторі, роблячи помітним для спостереження. Ступінь помітності визначається величиною його сигналів в радіочастотному, інфрачервоному і видимому спектрах, а також сигнатурі акустичної. Сучасні безпілотники, в тому числі і російські, мають сигнатури невеликої величини: БпЛА виготовляють з композитних матеріалів і пластика зі спеціальним забарвленням та з особливою комбінацією шарів, їх невеликі бензинові, а тим більше електричні двигуни, мало випромінюють тепло і працюють майже безшумно. Сучасні безпілотники мало відзеркалюють при попаданні в промінь радара: Хоча прогрес в радіолокації малорозмірних цілей вже дозволяє вирішувати такі проблеми. З виявленням БпЛА з ЕПВ в 0,1 м² ці радари труднощів вже не зустрічають, проте отримують взамін більш складнішу проблему, тобто ідентифікацію виявленої цілі і її виділення від сигналів птахів, що знаходяться в небі, які локатори, зазвичай, фільтрують. Також, тихісхідні об'єкти, при роботі з якими режими селекції рухомих цілей (СРЦ) внаслідок низької доплерівської сигнатури дають погані результати.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ КОМПЛЕКСІВ

О.В. Степаненко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Одним із перспективних напрямків розвитку розвідувально-ударних комплексів (РУК), у провідних у військовому відношенні країнах, є впровадження концепції "мозаїчні бойові дії" яка передбачає ведення

високоманеврених бойових дій з використанням великої кількості розосереджених різнорідних систем (“мозаїки” з різних за призначенням засобів), зведених у РУК.

Згідно з цією концепцією формування угруповань військ (сил) із заданим набором можливостей здійснюватиметься не на етапі планування та підготовки до операції, а після розкриття об’єктів противника. Такий підхід дозволить адаптувати наявні в розпорядженні сили і засоби під конкретні завдання, а також за необхідності розподілити їх між декількома операційними напрямками.

Особлива роль у вирішенні завдань тактичного рівня відводиться автономним робототехнічним комплексам (РТК) і безпілотним літальним апаратам (БПЛА) з елементами штучного інтелекту (ШІ), які повинні функціонувати у складі самоорганізованих груп (“роїв”) чисельністю до декількох сотень одиниць. Залежно від умов обстановки і визначених завдань такі системи повинні оперативно і узгоджено діяти у різних операційних середовищах. Передбачається їх використання як багатофункціональних вузлів розвідувально-ударної мережі, що відповідають за безперервне спостереження за противником, ідентифікацію та визначення місцезнаходження цілей, їх ураження та оцінювання отриманих ефектів. За оцінкою багатьох фахівців, на відміну від класичного використання обмеженої кількості дорогих ударних платформ, застосування “мозаїчного” підходу дозволить значно підвищити швидкість прийняття рішень, знизити навантаження на командирів тактичних підрозділів і забезпечити більш високу ефективність застосування військ (сил) за менших витрат.

РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНІ СИСТЕМИ ЯК ОСНОВА СУЧАСНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ СТРАТЕГІЇ

А.О. Бабінська

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

Сучасні збройні конфлікти демонструють, що ефективне поєднання розвідки та високоточного вогневого ураження є критичним для досягнення переваги на полі бою. Розвідувально-ударні системи (далі – РУС) дозволяють швидко виявляти, ідентифікувати та знищувати противника, знижуючи втрати власних сил і підвищуючи ефективність бойових операцій. Їх роль у сучасних військових стратегіях стрімко зростає завдяки впровадженню новітніх технологій, автоматизації процесів та інтеграції різних бойових платформ.

Розвідувально-ударні системи – це комплекс взаємопов’язаних засобів, що забезпечують безперервний цикл “виявлення – аналіз – цілевказання – ураження”. Засобами розвідки та цілевказання є космічні (розвідувальні супутники, системи супутникового спостереження); авіаційні (безпілотні літальні апарати, розвідувальні літаки); наземні (радіолокаційні станції, системи радіоелектронної розвідки, агентурні дані); морські (розвідувальні кораблі, гідроакустичні системи). Бойове застосування РУС у сучасних конфліктах є достатньо популярним. Україна активно використовує розвідувально-ударні системи у протистоянні з агресором, зокрема під час застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), інтеграції реактивної артилерійської системи M142 HIMARS із супутниковою розвідкою, системи “сенсор-стрілець”. До технологічних тенденцій та перспектив розвитку РУС можна віднести: автономні бойові платформи (розвиток безпілотних наземних

та морських бойових систем, впровадження штучного інтелекту для автоматичного розпізнавання та ураження цілей), гіперзвукові ракети у складі РУС (використання гіперзвукової зброї дозволить значно скоротити час ураження стратегічних цілей), інтеграція космічних технологій (використання малих супутникових угруповань для постійного моніторингу бойової обстановки).

Розвідувально-ударні системи змінюють правила ведення бойових дій, дозволяючи арміям діяти швидше, точніше та ефективніше. Використання сучасних технологій (штучного інтелекту (ШІ), автоматизованих систем управління, супутникової розвідки) суттєво підвищує ефективність застосування РУС.

Досвід останніх військових конфліктів показує, що країни, які активно розвивають і застосовують РУС, отримують суттєву перевагу на полі бою. Отже, подальший розвиток РУС потребує інвестицій у високі технології, підготовки персоналу та інтеграції новітніх розробок у військову доктрину.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТИПУ FPV У ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ ПРИ ВИКОНАННІ НИМИ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ

Н. Бедрій; Д. Салій; Н. Жигало

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Застосування БпЛА типу FPV значно перевершує традиційні артилерійські підрозділи за рівнем ефективності, точності ураження цілей та фінансових затрат. БпЛА типу FPV керується оператором, який орієнтується на місцевості через відео, отримане з камери, встановленої на безпілотному літальному апараті (БпЛА). Останні зміни в тактиці ведення бойових дій вимагають адаптації БпЛА типу FPV для використання їх в нічний час доби. Для цього БпЛА типу FPV почали оснащувати тепловізійними камерами. Однак проблемою залишається якість зображення в умовах недостатнього освітлення.

Встановлення більш потужних тепловізійних або нічних камер є можливим вирішенням цієї проблеми, але це потребує значних фінансових витрат. Тому пропонується більш економічний варіант – встановлення інфрачервоного (ІЧ) підсвічування на БпЛА типу FPV. ІЧ-промені невидимі для людського ока, але добре фіксуються спеціальними камерами, встановленими на дронах. ІЧ-підсвічування є значно дешевшим у порівнянні з високоякісними камерами, при цьому забезпечує достатній рівень видимості для пілота дрону в нічний час. Крім того, ІЧ-освітлення споживає менше енергії, що сприяє продовженню тривалості польоту. Це особливо важливо для завдань, які вимагають тривалого перебування дрону в повітрі. ІЧ-промені також дозволяють покращити виявлення ворожих БпЛА, що може значно підвищити загальну ефективність боротьби з повітряними загрозами у нічний час.

Отже, використання БпЛА типу FPV з ІЧ підсвічуванням є ефективним рішенням для ведення бойових дій у нічний час. Ця технологія забезпечує оператору кращу орієнтацію на місцевості та підвищує точність ураження цілей без необхідності великих фінансових затрат на дорогі оптичні системи. Встановлення ІЧ-освітлення сприяє значному покращенню бойових можливостей БпЛА типу FPV, що робить їх ще більш універсальними в умовах сучасного збройного конфлікту.

ПЕЛЕНГАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ МЕТОДОМ ПОРІВНЯННЯ АМПЛІТУДНИХ СИГНАЛІВ ВІДЕОЛІНКУ

С. Оверчук; А. Вальчук; Д. Марчик

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Однією з основних особливостей ведення бойових дій на сході України є активне застосування різних типів безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) як для ведення повітряної розвідки, так і ураження сил та засобів противника. Ефективне застосування БпАК відбувається в тому числі й за рахунок вдосконалення їх наземної складової. Використання наземних спрямованих антен командної радіолінії та відеолінку дозволяє суттєво збільшити дальність та стабільність радіозв'язку з безпілотним літальним апаратом (БпЛА). Разом з тим, постає задача орієнтування спрямованих антен у напрямку БпЛА. Це, у свою чергу, актуалізує необхідність пошуку підходів до визначення куткових координат БпЛА.

В доповіді проведено аналіз методів пеленгації, а також обґрунтовано вибір амплітудного двоканального методу пеленгації для виконання автоматичного супроводження БпЛА шляхом порівняння амплітудних сигналів відеолінку.

Розроблена модель пеленгації та автоматичного супроводження БпЛА з використанням двоканального радіоприймального пристрою, що володіє функціоналом визначення рівня прийнятого сигналу в кожному з приймальних каналів. Узагальнений алгоритм та програма роботи блоку обчислення координат та управління.

Результати проведених досліджень свідчать, що одним із шляхів підвищення ефективності радіомоніторингу є подальший розвиток і вдосконалення методологічного апарату побудови підсистем пеленгування за рахунок розробки нових і удосконалення існуючих методів пеленгування і вимірювання миттєвої частоти джерел радіовипромінювання.

ПОГЛЯДИ НА ПОБУДОВУ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД УДАРНИХ БПЛА В ТАКТИЧНІЙ ЛАНЦІ З ВИЯВЛЕННЯМ ПО РАДІОЛОКАЦІЙНОМУ КАНАЛУ

А.О. Ткач¹; А.В. Гаврилюк²

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Військова частина А0515

Події що відбуваються з 2022 року, стали потужним локомотивом розвитку роботизованих систем. Не менш інтенсивно ведеться робота щодо розробки засобів боротьби із зазначеними системами.

Процес захисту від БпЛА складається з заходів виявлення та протидії. Методи виявлення БпЛА засновані на особливостях побудови та параметрів польоту зазначених літальних апаратів. Основними методами виявлення є: радіотехнічний, акустичний, оптичний, радіолокаційний. В свою чергу, заходами впливу є кінетичний або некінетичний вплив на БпЛА. Протягом 2022-2024 років основним ефективним способом протидії БпЛА був комплекс що складається із засобів радіотехнічного виявлення та засобів радіоелектронної боротьби. Новим викликом стало застосування ворогом БпЛА з керуванням по оптоволоконному кабелю, а також БпЛА, які

здійснюють автоматичне донаведення за допомогою “штучного зору”. Відсутність на борту цих БПЛА радіоприймальних та передавальних пристроїв зумовила розглядати нові підходи до систем захисту.

Виявлення та супроводження таких БПЛА реалізується за допомогою радіолокаційного каналу, який побудовано на основі малогабаритного низькопотужного радару безперервної дії (FMCW – Frequency Modulated Continuous Wave).

В роботі розглянуто один із варіантів побудови антидронові системи для захисту точкових об'єктів. Ключовими елементами даної системи є: підсистеми виявлення, цілевказання, обробки інформації, управління вогнем та засіб кінетичного (вогневого) впливу.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В ІНТЕРЕСАХ РОЗВІДУВАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В.М. Феденько; Д.Т. Шевченко

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

У дослідницькому проєкті було розглянуто сучасний досвід російсько-української війни, який свідчить про актуальність питань щодо застосування безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) в інтересах розвідувального забезпечення тактичних операцій у Збройних Силах України.

На підставі аналізу вітчизняних зразків БпАК визначено шляхи обґрунтування ефективності та доцільності масового використання для потреб військових формувань.

Об'єктом дослідження є виконання розвідувальних і розвідувально-бойових завдань безпілотними авіаційними комплексами та системами під час розвідувального забезпечення операцій (бойових дій).

Наукова новизна полягає у комплексному підході до питання покращення ефективності повітряної розвідки з точки зору удосконалення навігації, льотно-технічних характеристик.

Пропонується завдяки практичного використання штучного інтелекту та методу аналізу ієрархій підвищити якість оцінювання критеріїв ефективності ведення повітряної розвідки за допомогою безпілотних авіаційних комплексів.

Так, як не всі критерії можливо оцінити кількісно, пропонується використати метод аналізу ієрархій (МАІ) для оцінювання ефективності ведення повітряної розвідки за допомогою безпілотних авіаційних комплексів.

Згідно МАІ вершиною ієрархії є узагальнений показник оцінювання ефективності ведення повітряної розвідки за допомогою БпАК для оцінювання ефективності ведення повітряної розвідки.

ВИКЛИКИ СУЧАСНИХ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ТА РОБОТОТЕХНІКИ

В.В. Мельник; І.І. Білоус

Національний університет оборони України

Сучасні технології постійно змінюють спосіб виконання завдань у різних сферах, і військова галузь не є винятком. З розвитком технологій у галузі штучного інтелекту (ШІ) та мініатюризацією джерел енергії автономні

системи та робототехніка перетворюються на одну з ключових областей, що забезпечують підвищення ефективності та безпеки військових операцій в XXI столітті. Завдяки здатності автономних систем виконувати складні завдання без безпосереднього втручання людини, вони забезпечують більшу точність та оперативне виконання останніх. На даний час ці технології широко застосовуються в розвідці, спостереженні, логістиці, бойових завданнях та інших критично важливих операціях, зменшуючи ризик для життя військовослужбовців. Серед основних викликів з якими стикається галузь є:

Кібербезпека: Захист автономних систем від кіберзагроз, які можуть призвести до втрати контролю або зловживання технологіями.

Законодавчі та етичні питання: Вирішення питань відповідальності за прийняття рішень автономними системами та розробка нормативної бази для їх використання.

Інфраструктура та обслуговування: Забезпечення належної інфраструктури та постійної підтримки автономних систем для їх ефективного функціонування.

Незважаючи на ці виклики, сучасні автономні системи та робототехніка мають величезний потенціал для підвищення ефективності та безпеки військових операцій. Вирішення зазначених проблем дозволить максимально використати переваги цих технологій та забезпечити їх успішне впровадження у різні сфери діяльності.

СТВОРЕННЯ ТА СКЛАД РОЗВІДУВАЛЬНО-ВОГНЕВИХ КОМПЛЕКСІВ

Д.О. Храпач

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Аналіз досвіду ведення бойових дій з російськими окупаційними військами свідчить про те, що командири артилерійських частин та підрозділів вишукують нові способи застосування своїх підрозділів. В умовах недостатньої кількості вогневих засобів, обмеженості у ресурсі артилерійських боєприпасів, постійного вогневого впливу противника на підрозділи артилерії такими способами стали: розосередження артилерійського підрозділу під час виконання ним завдань, ведення стрільби на ураження однією гарматою з мінімальною витратою снарядів, в окремих випадках, навіть по неспостережуваних цілях.

У той же час такі способи привели до зниження ефективності вогневого впливу на об'єкти та угруповання противника. З появою безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) командири підрозділів почали їх комплексувати з гарматами та мінометами, називаючи їх “розвідувально-вогневими комплексами” (далі – РВК). Це звичайно дещо підвищує точність визначення установок для стрільби та оперативного виконання вогневих завдань, але особливого підвищення ефективності вогневого впливу на об'єкти противника не відбулося, оскільки для ураження цілі залучається одна гармата. Вирішенням цього питання повинно стати збільшення в складі РВК сил і засобів.

Таким чином, до складу РВК повинні входити: артилерійський підрозділ (не менше артилерійської батареї), більше одного БпАК, РЛС контрбатареїної боротьби та засоби захисту від ударних БпЛА, високоточних засобів противника.

ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДО РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ

Д.О. Щенякін

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Постійний розвиток розвідувально-ударних систем (далі – РУС) є важливим аспектом для успішного ведення бойових дій. Одним з перспективних напрямків розвитку РУС є інтеграція штучного інтелекту (далі – ШІ). Використання ШІ підвищує ефективність бойових операцій, зменшуючи залежність від оператора та скорочуючи час для ухвалення рішень. У цьому напрямку розвитку РУС відкриваються нові можливості для ведення бойових дій.

Однією з ключових переваг ШІ у складі РУС є здатність автономно аналізувати бойову обстановку та здійснювати розпізнавання цілей у реальному часі. Сучасні алгоритми можуть ідентифікувати та класифікувати об'єкти на полі бою, розрізняючи військову техніку, укріплення та живу силу противника. Це дозволяє значно скоротити час від виявлення до ураження цілі, підвищуючи точність бойових ударів.

Подальший розвиток технологій у даному напрямку включає удосконалення нейромережових алгоритмів для самонавчання нейромережі та підвищення стійкості ШІ до зміни бойових умов. Це дозволить РУС працювати в складних середовищах, адаптуючись до нових загроз та здійснюючи ефективний вибір тактичних рішень. Такі системи також зможуть взаємодіяти у складі єдиної бойової мережі, координуючи дії між повітряними, наземними та морськими платформами.

ВИМОГИ ЩОДО МОБІЛЬНОСТІ РОЗВІДУВАЛЬНО-ВОГНЕВИХ КОМПЛЕКСІВ

В.О. Щигло

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Тривале ведення бойових дій в умовах широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України свідчить, що одним із факторів який відіграє головну роль є час готовності до виконання завдань з вогневого ураження військових формувань противника.

Вищезазначені військові формування, як правило оснащуються сучасними високоманевреними, високоточними засобами вогневого ураження, автоматизованими системами збору, оброблення та передачі інформації, що значним чином впливає на показник їх мобільності. Разом з цим, аналіз світових тенденцій вказує, що розвідувально-вогневий комплекс ракетних військ і артилерії (РВК РВіА) є перспективним підрозділом РВіА, котрий забезпечує ефективне виконання вогневих завдань за рахунок мобільності всіх компонентів та елементів.

Отже, мобільність РВК РВіА ЗС України повинна забезпечувати:

до початку ведення бойових дій – готовність до виконання завдань з мінімальними витратами часу;

з початком та в ході ведення бойових дій – мати постійну перевагу над противником в комплексі заходів щодо циклу “розвідка-управління-ураження”.

Особливого значення набуває мобільність підрозділів РВіА, якщо противник має значну перевагу в чисельності. Розвідка, що ведеться в реальному масштабі часу, система управління, яка функціонує на випередження, автономність у поєднанні з високоточним далекобійним засобом вогневого ураження та мобільністю підрозділів створює необхідні умови для найшвидшого знищення противника.

СЕКЦІЯ 13

РОЗВИТОК ТА ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ ТА ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ, СИЛ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Керівники секції: полковник Бритов М.П.;
д.т.н. проф. пр. ЗС України Кобзев А.В.
Секретар секції: к.т.н. підполковник Мурзін М.В.

REQUIREMENTS FOR AERIAL ELECTRONIC INTELLIGENCE IN THE CONTEXT OF REPELLING A FULL-SCALE RUSSIAN ARMED AGGRESSION AGAINST UKRAINE

M. Brytov¹; V. Hridin², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The using experience reconnaissance aircraft has shown the limited capabilities of conducting general electronic intelligence (ELINT) by Su-24MR reconnaissance aircraft and the impossibility of conducting COMINT communications intelligence (COMINT) and ELINT by existing unmanned aerial vehicle (UAV) during the repelling of a full-scale aggression of the Russian Federation. To do this, it is necessary to find new ways to increase the intelligence capabilities of the Air Force Ukraine Armed Forces in order to increase the intelligence support effectiveness for the Ukraine Armed Forces operations, as well as to bring the intelligence support system closer to NATO requirements and standards.

Trends in the aviation development in NATO countries and leading the world military countries indicate the development and the UAV intelligence capabilities expansion at the strategic, operational-tactical and tactical levels due to the modular suspended reconnaissance assets creation. These modules can be used in accordance with the tasks of: COMINT and ELINT, as well as, radar, optical-electronic, optical, etc.

The available scientific and technical literature and Internet reports don't contain detailed information on the reconnaissance aircraft onboard equipment design principles and characteristics. Unfortunately, the published information contains only aircraft photographs and the tasks they perform. Based on this data, it is sometimes possible to draw conclusions about the general design principles and some reconnaissance equipment characteristics. Technical methods of obtaining information during COMINT and ELINT differ due to differences in the reconnaissance objects radiation types. As a result, requirements for ELINT using UAVs are formulated.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF IMAGE FUSION IN MULTISPECTRAL OPTICAL-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEMS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

V. Tarshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; M. Kyravskiy; O. Vorobiov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The main requirements for optical-electronic reconnaissance systems for unmanned aerial vehicles are the speed of processing and the accuracy of determining the coordinates of reconnaissance objects in the input images. The

fulfilment of the tasks in difficult observation conditions is not guaranteed by the presence of separate optical and infrared optical channels in such systems.

To ensure the required level of probability of detecting objects of interest in difficult surveillance conditions, multispectral image fusion is used, which allows taking into account the brightness and structural features of the original images and obtaining a more informative image of the viewing surface, which will increase the probability of detecting objects of interest in difficult conditions of surveillance and enemy counteraction.

Based on the results of the study, two groups of criteria for assessing the quality of image integration were identified. It has been established that the first group of criteria requires the use of a reference image to assess the quality of image fusion, which makes it impossible to use these criteria in real time. The second group of criteria for calculating the quality of the complexation is based on a comparison of the brightness and structural characteristics of the input images and the complexed image. The use of the second group of criteria allows real-time selection of images with higher information content and probability of detecting objects of interest.

ACCURACY OF DETERMINING SPATIAL COORDINATES UNMANNED AERIAL VEHICLE USING THE TIME DIFFERENCE OF ARRIVALS METHOD

A. Kobzev, Doctor of Technical Sciences, Professor;

M. Murzin, Candidate of Technical Sciences;

I. Kuzhel, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The constant development of the element base and information technologies leads to the increasingly widespread use of radio-electronic means in the course of combat operations. One of the important unmasking signs of such means is their emission of electromagnetic waves. Several methods of determining the coordinates of radiation sources by passive radio-electronic means are known from the scientific and technical literature. The best accuracy characteristics among them are the Time Difference Of Arrivals (TDOA) method, which has found wide use in modern radio-technical reconnaissance stations. The overwhelming majority of publications consider the issues of detecting and determining the coordinates of only pulse signals, which is a simpler implementation of this method. Of interest is the study of the accuracy of determining the coordinates of radiation means with continuous signals, especially UAVs, by the TDOA method.

In order to study this issue, a simulation 3D model of a TDOA system with a topology of the "star" type of receiving stations was developed in the MatLab software. The detection was implemented using a correlation detector, the determination of coordinates – in accordance with the iterative Newton-Gauss algorithm. The following statistical characteristics were used as accuracy indicators, namely:

- linear root mean square error (RMSE), which characterizes the dispersion of errors on the plane;
- RMSE of height determination;
- RMSE of inclined range determination;
- RMSE of azimuth determination.

The coordinates were estimated when the radiation sources was located at the far edge of the detection zone, which allows us to estimate the accuracy indicators for the worst possible option. The report presents the results obtained, which confirm the known properties of the TDOA, which provides high accuracy indicators when determining the azimuth to the radiation source and low ones when estimating the range to it, in comparison with active radar means.

DETECTION RANGE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE USING THE CORRELATION METHOD IN PASSIVE RADAR MEANS

A. Kobzev, Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. Hridin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

M. Murzin, Candidate of Technical Sciences

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Detection of radiation sources is one of the main tasks of radio and radio reconnaissance, preceding all other measurement and processing procedures. That is why early detection is a critically important factor, especially when conducting combat operations, which determines the possibility of early warning of one's units (troops) about potential threats. One of the decisive factors is the detection range of radiating reconnaissance and enemy air attacks, which allows more time to be used for processing received signals, development and implementation of means of counteraction and/or influence on them, etc. The vast majority of radio monitoring and radio reconnaissance means use detection methods based on exceeding the detection threshold by signal components when processing signals in the frequency domain. Usually, one scanning receiver is used. Currently, differential range-finding systems are becoming increasingly widely used, allowing for determining the coordinates of radiation sources with higher accuracy. One of the numerous advantages of these systems is the simultaneous reception of the same signal by several receivers, which allows for the implementation of correlation detection of continuous radio signals. As is known, due to a more energy-efficient correlation of received radio signals, it is possible to significantly increase the detection range of radio radiation sources. The report considers the current task of estimating the detection range of continuous radiation sources, primarily UAVs, by the correlation method.

In order to conduct research in the MatLab environment, a simulation model of a Time Difference Of Arrivals (TDOA) system consisting of 4 receiving stations was developed. The simulation was carried out with the following parameters: detection probability 0.9; false alarm probability 10^{-5} , signal spectrum widths 4 MHz and 15 MHz. The fact that the detection of radiation is registered only when the condition of simultaneous exceeding of the detection threshold at the outputs of at least two correlators is met, which allows to implement the 2D mode, and the limitations due to direct visibility were also not taken into account.

The results of the modeling are presented. The conducted studies prove that a significant gain in correlation detection can be expected only when detecting broadband signals. This is explained by the fact that in correlation detection, a coherent summation of the result of multiplication of two signals occurs, and the signal-to-noise ratio is directly dependent on the widths of the spectra of the received signals.

**EVALUATION OF ACCURACY INDICATORS OF QUASI-OPTIMAL
ALGORITHM FOR DETERMINING SPATIAL COORDINATES IN TIME
DIFFERENCE OF ARRIVALS SYSTEMS**

*A. Kobzev, Doctor of Technical Sciences, Professor;
M. Murzin, Candidate of Technical Sciences; N. Shyhimaha
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Information about the location of the radiation source is one of the most valuable in conducting reconnaissance, but the process of obtaining such information is the most complex and expensive compared to others. The complexity is due to the significant costs of digital calculations when radio signals processing, the complexity of hardware implementation, strict requirements for receiving devices, etc. Existing Time Difference Of Arrivals (TDOA) systems for determining spatial coordinates fully confirm this. They implement the best accuracy characteristics when determining the location due to the most accurate determination of the primary parameters of signals, namely the time delay of signals, at the same time they are the most technically complex systems among others. That is why reducing calculations when estimating coordinates is an urgent task. The vast majority of existing TDOA systems allow detecting the location of only pulsed radio radiation sources. The authors consider the issue of wider use of these methods to be important, namely when processing continuous signals. In this case, the measurement of the time delay, unlike pulse sources, should occur relative to the maximum of the correlation function. Digital signal processing can be implemented both in the time and frequency domains.

The issue of specifying the correlation matrix of measurement errors of primary parameters, which refers to a priori data, is considered in detail. In order to reduce calculations, it is proposed to use a simpler, namely quasi-optimal, algorithm that does not contain the inverse correlation matrix of errors.

By means of simulation modeling in the MatLab software, the operability of the proposed algorithm was checked and the accuracies were compared with the optimal one. The maximum likelihood method, which is most often used in practice, was chosen as the optimal one when estimating spatial coordinates. As is known, the method is based on finding the maximum of the function and the iterative process of reducing the measurement error of the radiation source coordinate vector.

A 3D model of a TDOA system with a “star” topology was developed. To approximate the vectors of real coordinates and their estimation, a modified Newton-Gauss method was used. The obtained results confirm the possibility of using a simpler algorithm in practice, while the loss in accuracy is acceptable.

**METHOD OF SEARCHING FOR AN AIRCRAFT THAT HAS CRASHED
IN THE DISCRETE SEARCH AREA**

*H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
I. Khizhnyak, Candidate of Technical Sciences; I. Hridasov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of modern technologies, particularly the creation of many new robotic systems for ground-based and aerial applications, enables their practical use in search and rescue operations. To reduce the expansion of the search area in the event of an aviation disaster, search, and rescue units are currently striving to

develop a rapid method for locating survivors using unmanned aerial vehicles during search and rescue missions. The authors of this study have improved the method for searching for an aircraft that has crashed within the area of discrete search observation by utilizing the Blackwell-Black-Kadane relation.

The essence of discrete search lies in the sequential examination of search subareas using search assets that observe on-site or operate at low speed. Movement to the next subarea occurs at high speed, during which the search is paused, meaning that the target object can only be detected when examining a specific subarea. The key element of discrete search is the cycle time, which includes the time required to examine a designated subarea and the time needed to transition to the next subarea.

The Blackwell-Black-Kadane relation can be used in cases where it is necessary to locate an aircraft in distress within a discrete space using probabilistic assumptions. In searching for a distressed aircraft, this relation helps optimize the allocation of available resources (time, search assets) based on a probabilistic model of the object's location. The core idea of the method lies in the prior probability distribution, indicating that the search object is located in a specific area of the discrete search space. New data is used to update the posterior distribution during the search process. The optimal search strategy is selected based on the expected outcome of detecting the search object.

The proposed approach enables the efficient allocation of search assets using the discrete search theory mathematical framework. The developed method considers both prior information about the location of the distressed aircraft and the effectiveness of search efforts in different subareas.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN RUSSIA'S INFORMATION CAMPAIGN AGAINST UKRAINE

V. Bielimov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

S. Zalkin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;

*K. Khudarkovsky, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Senior Researcher;*

M. Bielous

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The consolidation of autocratic regimes in a number of countries such as Russia, China, North Korea, and Iran creates global risks in the global geopolitical space. The arms race between states has long since transferred the technical and commercial components of artificial intelligence (AI) technologies to the geopolitical sphere. Most European countries, Canada, and Japan are actively developing and discussing strategies for the application of AI. China aspires to world leadership. The United States is not far behind and has sharply increased spending on financing AI for military purposes.

During the war against Ukraine, Russia has been actively using AI technologies to strengthen disinformation campaigns. Content on Telegram and the use of AI to create fake news have become a serious threat in the information space. Most content on the network is no longer created by people, but is generated by bots and AI. Users have been replaced by automated systems for manipulating public opinion. Generative AI allows you to multiply and spread disinformation narratives on a new, more sophisticated level. Today, AI allows you to quickly generate photos, videos and text that look as believable as possible, which greatly complicates the identification of fake materials.

The use of AI technologies for informational (psychological) influence significantly increases the risks of influencing the target audience. Therefore, AI technologies are becoming an important component of the national security strategies of many countries around the world.

IMPROVED SYSTEM OF INDICATORS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF INFORMATIONAL (PSYCHOLOGICAL) INFLUENCE IN SOCIAL NETWORKS

*S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Revin;
S. Zalkin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;
K. Khudarkovsky, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of wars and armed conflicts of the late 20th and early 21st centuries shows that the information space as a component of the global information space represents the unity of two components – technical (global Internet network) and social (community of Internet users) and is considered as one of the components of the combat environment. A new approach and an expanded system of indicators are proposed for assessing the effectiveness of informational (psychological) influence (IPI) in social networks based on the application of marketing research used in online business to assess the effectiveness of promoting brands, services, etc.

Marketing research involves analyzing target audience (TA) engagement, social interaction, checking keyword positions and hashtag usage, etc. The indicators are social coverage (engagement of the TA), expansion of the target audience, dynamics of changes in the target audience (growth or decline in the number of users), bounce rate, referral traffic, demographic and psychological characteristics of the target audience, fan base (active users). These indicators are not enough to assess the effectiveness of IPI during informational (psychological) operations, but a number of indicators in combination with traditional ones can be used.

Thus, a system of indicators is proposed, which is built on the border of two different spheres of professional activity, which provides a synergistic effect in assessing the effectiveness of IPI in social networks.

VISUAL CODE MESSAGES FOR MULTIROTOR DRONES

*S. Marenych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Hridasov
Kharkiv National Air Force University of Ivan Kozhedub*

In recent years, Ukraine has made significant progress in the development of new high-tech weaponry and military equipment, particularly unmanned aerial vehicles (UAVs) of the multirotor type. This factor enables the systematic use of UAVs as a search tool in search and rescue operations. However, in practice, there is no standardized table of visual signals used with UAVs for individuals in distress.

The research aims to develop a table of visual code messages that can be used during search and rescue operations. This table facilitates information exchange between ground search and rescue teams and distressed individuals. It is assumed that search and rescue teams use uncrewed aerial vehicles (drones) of the multirotor type.

The experimental evaluation of the table's interpretation was conducted using the expert assessment method through individual surveys. A total of 301 respondents participated in the survey. The respondents were not familiar with the content of the visual code message table in advance. Accordingly, 37% understood the procedure for such operations but did not have professional training. Additionally, 38% of respondents indicated they had experience operating multirotor drones. The drone's movement was presented statically as a trajectory in an illustration with a corresponding description, constituting a significant limitation of the experimental conditions.

So, the results that were obtained are preliminary. The conclusions indicate that the table allows for transmitting 13 messages in various extreme situations during search and rescue operations, both day and night. Further research directions include field testing, which requires the development of a methodology for assessing the probability of correct recognition of transmitted messages in more realistic scenarios.

USE OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS IN SEARCH AND RESCUE OPERATIONS

O. Kashchyshyn, Ph.D.

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Rapid and effective response to hazards that pose a threat to human life requires the use of remotely controlled unmanned aerial vehicles (UAVs), which are the most technologically advanced and efficient and demonstrate high results of photo-video surveillance during search and rescue operations.

Air search and airspace monitoring using various equipment installed on UAVs, including cameras, television, thermal imaging and infrared devices, is characterized by high data acquisition speed and visibility of results. This makes it an effective tool for achieving the set goals during air search and rescue operations.

The task of aerial search and rescue operations is to collect information about objects in a certain limited area. For UAVs, these tasks are usually formulated as a complete identification of a certain infrastructure object, with photo or video recording of the territory.

UAVs are capable of performing air search and rescue missions both on land and at sea, including in difficult terrain. UAVs are capable of surveying in conditions where access by other means is impossible and human resources and time are limited. A key factor affecting the effectiveness of search and rescue operations using UAVs is the compliance of operators (pilots) with professional standards, their level of training and skills.

WAYS OF REDUCING THE VISIBILITY OF OBJECTS IN THE INFRARED SPECTRUM OF OBSERVATION

V. Demchenko, Ph.D.

Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Thermal imaging methods of remote monitoring have become widespread nowadays. They are used for reconnaissance, guidance, navigation, targeting, night bombing of targets and remote mining from drones, as well as for detecting aircraft

in the air. Therefore, the development of infrared camouflage methods is of great importance for increasing the combat capability and survivability of our troops.

The objects of IR cloaking are military personnel, weapons, vehicles, armored vehicles, fortifications, bases, command posts, aircraft and their parking places, ships, boats, water drones, etc. Modern means of masking are quite diverse in terms of their purpose and in terms of design, shape, dimensions, and physical and mechanical properties of the materials from which they are made.

First of all, from all the variety of new types of individual and collective samples of complex masking protection, attention should be paid to the most numerous categories of products for individual masking protection.

As our analysis showed, there is a real opportunity to raise the level of infrared camouflage efficiency by approximately 20-25%, from the current level, by improving their design solutions, using modern materials and using radiation cooling technology, which allows reflecting sunlight and dispersing thermal radiation at the same time, as well as using intensification of convective heat exchange and reduction of conduction between the object and the background of the environment.

JUSTIFICATION OF THE SURVIVAL TRAINING SYSTEM OF AIR FORCES OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*L. Kraichyk; O. Snitsarenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Substantiation of the system of survival training for aviation personnel of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

The top leadership of our country has declared that the Armed Forces of Ukraine have achieved full interoperability with the armed forces of NATO member states, which means that the system of military education and training needs to be reformed. In today's environment of active combat operations involving technical military equipment of partner countries, the system of training of flight personnel, namely their survival, is an extremely important issue.

A careful study and in-depth analysis of the educational programs of the system of education and training of flight personnel at NATO educational institutions has shown that training at NATO educational institutions is somewhat different from training at national educational institutions of the Alliance member states. At the same time, training in NATO educational institutions covers both education and training. It should be noted that "approved" courses are conducted only by NATO-accredited educational institutions, meet NATO needs and meet the requirements of the Education and Individual Training Directive, while courses that are categorized as "listed" mainly introduce national capabilities and have a wide range of educational objectives.

Based on the above, it is proposed to take as a basis the system of education and training of flight personnel in survival as a complex of both NATO educational institutions and national educational institutions of NATO member states to develop a promising system of education and training of flight personnel.

The direction of further research is to create an internal system for assessing the quality of education and training of flight personnel in survival issues, further interaction with stakeholders both in the preparation of regulatory documents and in the educational process.

FUNCTIONAL MODELING OF THE NATO PERSONNEL RECOVERY PROCESS USING IDEF0 NOTATION

*R. Korol¹; Ye. Zhylin², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Aktyanov²*

¹Air Force Command of Ukrainian Armed Forces;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The NATO Personnel Recovery system is described in AJP-3.7. Allied Joint Doctrine for Recovery of Personnel in a Hostile Environment. It is detailed in tactical publications such as AM 080-071 Personnel Recovery in NATO Operations and APRP-3.3.7.7 Personnel Recovery Tactics, Techniques and Procedures.

In general, it includes Command and control (C2) elements, Personnel recovery task force (PRTF) and Isolated personnel (ISOP). Their joint actions are united by aims, tasks and missions. Different kinds of forces and means, as well as a multi-level task distribution scheme, make the functional structure of this system complex.

The development, implementation, and adaptation of existing automation software tools (for example, D4H, IMSAR by Techno Science, SARMAP by PRS Tetra Tech, etc.) for the needs of organizing a specific Personnel Recovery system requires its formalization. For this purpose, there is a need to develop functional and structural models of the Personnel Recovery system.

The thesis discusses the use of functional modeling methodology and graphical notation of IDEF0 processes (Integrated Computer Aided Manufacturing (ICAM) Definition). A variant of a task-based hierarchical functional model of the Personnel Recovery system is proposed. Proposals have been developed for further structural modeling of this process using other notations of the IDEF methodology. Conclusions have been made regarding the advantages and limitations of the chosen approach to modeling of the Personnel Recovery system (process).

EFFICIENCY INTERACTIO NOFUNMANNED AVIATION COMPLEXES CREWS DURING THE COMBAT MISSIONS

G. Safarova; L. Kraichyk; S. Manoilo

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In modern conditions of combat missions, crews of unmanned aviation complexes (UACs) interact the most effectively and easily with artillery units, which indicates their superiority over other reconnaissance means. This allows to more effectively detect a target on the ground, determination of its coordinates, aiming of a fire weapon at the target, firing and adjusting fire, etc.

For quality and safe interaction between UAC crews and to improve their work, it is necessary to maintain a constant exchange of information about:

weather conditions in the given direction of the combat missions;

the presence and deployment of enemy air defense and electronic warfare weapon and their impact;

the presence of safe flight corridors for unmanned aerial vehicles (UAVs) in the combat mission area.

Management, planning and control of UAC flights is usually carried out through an artillery reconnaissance control point, which must have available information on possible safe flight corridors for UAVs, weather data, its own firepower and

reconnaissance and electronic warfare assets, as well as information on the presence and location of enemy targets for delivering a clear fire strike.

Organization and close interaction between unmanned aviation complexes crews and artillery units during combat operations that contributes to the quality and timely completion of the combat missions.

FEATURES OF USING VEHICLES FOR RESCUE SUFFERED FLIGHT CREW

O. Dziuba; I. Dziuba

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The conditions for rescuing aircraft crews who suffered in the area of combat operations required significant changes to the technical support of ground search and rescue groups (GSRG). Slow light protected vehicles of the GSRG become an easy target for enemy FPV drones. The experience of the Russian-Ukrainian war indicates that for the successful search and rescue of flight crews who have suffered in the areas of combat operations, it is necessary to use vehicles with increased cross-country ability and maneuverability, the universal platform of which will ensure high speed on rough terrain, will have a large payload, significant range and a long operational life.

One of the ways to solve this problem may be the purchase of foreign models of vehicles that are already successfully used in search and rescue operations. The report presents the results of a comparative analysis of the main tactical and technical characteristics and functional capabilities of the search and rescue tactical vehicle "Storm" (SRTV), which is used by the search and rescue service of the United States Air Force and the Foxhound light protected patrol vehicle (LPPV) of the British Armed Forces.

There were made conclusions concerning the advantages and features of the equipment of the specified vehicles and their adaptation to conduct search and rescue operations in combat conditions.

PROSPECTS OF THE USE OF THE INTERNATIONAL SATELLITE SYSTEM "COSPAS-SARSAT" BY THE AVIATION OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*R. Yatsko¹; S. Logachov², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
O. Yakoliev²*

¹Head Office of State Aviation of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Time is the main indicator of the effectiveness of a search and rescue operation. It is heuristically clear that their minimization allows to increase the chances of recovery isolated personnel. One of these indicators is the response time of search and rescue operations to an event, the components of which include the time of receiving a message (emergency alert) and the time of determining the location of isolated personnel (search time).

The use of an emergency locator transmitter (ELT) on aircraft allows the crew in distress to promptly report an emergency situation with the aircraft, including the

coordinates of its location, via the network of the international satellite system "COSPAS-SARSAT".

However, the use of the "COSPAS-SARSAT" system for the needs of the Armed Forces of Ukraine may have a number of restrictions due to the fact that part of the orbital component of the system belongs to the Russian Federation.

The report examines the possibility and feasibility of using the "COSPAS-SARSAT" system of the Armed Forces of Ukraine, the prospects for its development and expansion of the orbital component through the use of European Galileo navigation satellites. An analysis of the possibility of using alternative satellite communication networks for emergency notification is carried out, for example, the use of multifunctional satellite trackers of the SPOT type of the private rescue company GEOS using the Globalstar low-orbit satellite system.

ОЦІНЮВАННЯ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ ПОМІТНОСТІ ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В ІНФРАЧЕРВОНОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ

Ю.В. Резніков, к.т.н., ст.д.; П.Л. Аркушенко, к.т.н., ст.д.;

О.Г. Матюценко, Ph.D., С.В. Ратушиний

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

До сьогоденішнього часу проблемним питанням залишається відсутність усталених механізмів тестування технологій захисту особового складу та техніки від засобів спостереження інфрачервоного діапазону. Крім цього, наявні показники та критерії непомітності зразків є неефективними.

Зображення в інфрачервоному діапазоні є відображенням теплового випромінювання об'єкту, що визначається законом Стефана–Больцмана, який зв'язує між собою сумарний тепловий потік с одиниці поверхні з абсолютною температурою поверхні. Зазвичай, методика тестування матеріалу зводиться до порівняння температур об'єкту випробувань в захищеному вигляді та температури фону з розрахунком середньої температури по визначених ділянках вимірювань. Однак, як показали проведені експериментальні дослідження, показник непомітності у вигляді середньоарифметичного значення температури об'єкту та фону є недостатньо ефективним, тому що навіть при повному співпадінні значень об'єкт досліджень дуже добре розрізняється на зображенні термографічної системи внаслідок рівномірної температури всієї поверхні об'єкту досліджень у порівнянні з різноманітністю температур фонових об'єктів на зображенні.

З урахуванням цього пропонується вважати закон розподілу температур фону відносно їх середнього значення нормальним. Відповідно, в якості показника захисту пропонується використання середньоквадратичного відхилення температури об'єкту відносно середнього значення, а в якості критерія ефективності захисного матеріалу, відношення середньоквадратичних відхилень температур об'єкту та фону. Такий підхід дозволить збільшити ефективність методик тестування, а порівняння захисних зразків більш якісним.

ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ БПЛА

*О.О. Майстров, к.т.н., доц.
Національний університет оборони України*

З появою на озброєнні військ FPV-дронів та дронів на оптоволокну безпілотна авіація стала головним засобом знищення особового складу та озброєння противника, особливо в умовах дефіциту снарядів. Однак у Збройних Силах України використовуються, як правило, низкошвидкісні БПЛА зі швидкістю польоту до 200 км/год., які з високою імовірністю можуть знищуватися противником.

На теперішній час провідними авіаційними державами активно ведеться розробка та застосування реактивних високошвидкісних БПАК зі швидкістю польоту 600- 1000 км/год, таких як, наприклад, XQ-58A VALKYRE, багатоцільовий MQ-20 Avenger (США), Banshee Jet-80 (Англія), ANKA-3 (Туреччина), ракети-дрони “Паляниця”, “Пекло” (Україна).

У доповіді розглядаються переваги та недоліки реактивних БПЛА. Так, високошвидкісні розвідувальні БПЛА спроможні у відносно короткі терміни обстежувати великі ділянки місцевості та виявляти значну кількість об’єктів противника. Збільшення швидкості польоту ударних БПЛА дозволить швидше долати зони роботи ворожої ППО, суттєво підвищить його загальну бойову ефективність щодо оперативного ураження наземних цілей, скупчень живої сили і техніки противника. Дрони стануть менш вразливими для вогню стрілецького озброєння противника.

Основним недоліком швидкісних БПЛА є великі витрати палива реактивних двигунів, що приводить до зменшення маси бойової частини або дальності ураження об’єктів противника.

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ПОТУЖНИХ СВІТЛОДІОДНИХ СОВ-МОДУЛІВ

*Д.В. Пекур¹, д.філос., ст.д.; Ю.Є. Ніколаєнко², д.т.н., с.н.с.; Д.В. Козак², к.т.н.;
С.М. Хайрмасов², д.т.н., с.н.с.*

*¹Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова
Національної академії наук України;*

*²Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського”*

Сучасна СОВ (Chip-On-Board) технологія дозволяє забезпечити інтеграцію великої кількості світлодіодних чіпів в єдиний потужний СОВ-модуль. На основі декількох СОВ-модулів можна створювати компактні конструкції потужних світлодіодних освітлювальних приладів із світловим потоком високої інтенсивності, зокрема для пошуково-рятувального забезпечення. Для проектування ефективних потужних світлодіодних освітлювальних систем спеціального призначення важливим є дослідження впливу температурного режиму на їхні експлуатаційні характеристики в широкому діапазоні температур.

За підтримки НФДУ (проект № 2023.04/0055) досліджено спектральні та електрооптичні характеристики світлодіодних СОВ-модулів CITIZEN CLU05Q-1825E1-503L7X4 та Samsung SPHWHANDNM231ZR3D4 при номінальних струмах живлення 1,62 А (потужність близько 82 Вт) і 2,25

А (117 Вт) відповідно в діапазоні температур від -30 °С до +70 °С. Отримані результати свідчать про високу стабільність спектральних параметрів, зокрема корельована колірна температура та індекс кольоропередачі змінювалися не більше ніж на 3%. Водночас для модулів CITIZEN зафіксовано зниження світлового потоку на 12,7% при зростанні тепловиділення на 17,1%, а для модулів Samsung – на 11,4% та 18,5% відповідно, що важливо враховувати при розробленні світлодіодних освітлювальних систем на основі COB-модулів.

МЕТОДИКА ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ШТУЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДАНИМИ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОГО ЗНИМАННЯ

*А.В. Савчук, к.т.н., с.н.с.; Б.Ф. Григанський
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Інженерне обладнання районів ведення бойових дій зокрема передбачає встановлення значної кількості інженерних вибухових та невибухових загороджень. Особливу небезпеку, який діє в такій місцевості складає наявність мінних полів. Для планування наступальних дій або для розмінування місцевості необхідно завчасно виявляти та ідентифікувати вибухонебезпечні предмети (міни). На практиці ефективне виявлення мін із застосуванням звичайних оптичних приладів (працюють у видимому діапазоні довжин хвиль), які можуть встановлюватись на безпілотні авіаційні засоби малоефективне, через малий фізичний розмір об'єктів та наявність рослинного покриву.

Для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати багатоспектральну апаратуру, яка дозволяє отримувати зображення поверхні Землі в різних діапазонах електромагнітного спектра, зокрема в ультрафіолетовому, видимому, ближньому та середньому інфрачервоному.

Штучні об'єкти та природній фон мають здебільшого різні спектральні характеристики відбитого випромінювання. Отримавши зображення поверхні Землі у багатьох діапазонах для виявлення мін та інших вибухових предметів можливо застосовувати спектральні індекси (NDVI, NDMI та їх різновиди).

Пропонована методика передбачає комплексне застосування методів класифікації та методів на базі спектральних перетворень. Застосування методики дозволить в автоматизованому режимі виявляти ймовірне розташування мін на фоні природного рослинного покриву.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ ПОТУЖНИХ СВІТЛОДІОДНИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

*С.М. Хайрнасов¹, д.т.н., с.н.с.; Д.В. Козак¹, к.т.н.;
Ю.Є. Ніколаєнко¹, д.т.н., с.н.с.; Д.В. Пекур², д.філос., ст.д.
¹Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського";
²Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова
Національної академії наук України*

Для проведення аварійно-рятувальних робіт в зонах надзвичайних ситуацій в темний час доби необхідно використання потужних освітлювальних пристроїв. Найбільш ефективними є світлодіодні освітлювальні пристрої.

Однак, при суттєвому збільшенні їхньої потужності критичним стає питання забезпечення заданих температурних режимів світлодіодних модулів, оскільки підвищена температура негативно впливає на надійність роботи та світлові характеристики світлодіодів.

З метою вирішення цієї проблеми за підтримки НФДУ (проект № 2023.04/0055) виконано теплове моделювання та запропоновані конструкції пасивної і активної систем охолодження потужного світлодіодного освітлювального пристрою з електричною потужністю більше 500 Вт та тепловою потужністю більше 300 Вт, що відповідає оптичній ефективності світлодіодів 0,6. Показано, що використання в конструкціях систем охолодження теплових труб підвищує їх ефективність і забезпечує максимальну температуру корпусу світлодіодних модулів не вище 100 °С при тепловому потоці до 360 Вт у випадку використання пасивної системи та не вище 85 °С – у випадку використання активної системи. Отримані результати будуть використані у подальшій розробці вітчизняного потужного світлодіодного освітлювального пристрою спеціального призначення.

АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ПОШУКУ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ У СКЛАДІ НАЗЕМНИХ ТА ПОВІТРЯНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦЬОГО ПРОЦЕСУ

Л.І. Матвеев

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

На основі отриманих наукових результатів та проведених теоретичних досліджень, досвіду російсько-української війни визначені основні недоліки, протиріччя та невідповідності у процесі пошуку та спостереження роботизованою системою у складі наземних та повітряних роботизованих комплексів.

Слід зазначити, що однією з найважливіших технологічних тенденцій останніх десятиліть є розвиток робототехніки та автономних систем, що стає все більш актуальним у військовому контексті. Засади їх розвитку мають ставити цілі для забезпечення ефективного та безпечного використання безпілотних систем (комплексів) (БпС) повітряного, наземного та водного базування з метою покращення бойової потужності та захисту національних інтересів.

Збереження життя та здоров'я особового складу під час бойових дій зумовлює пришвидшення постачання БпС до підрозділів Збройних Сил України у найкоротші терміни. Під час збройної агресії рф БпС довели свої технологічні спроможності.

Дослідження за напрямком створення системи проведення, підтримки, забезпечення випробувань БпНС різного призначення, в тому числі й в бойових умовах є важливим завданням.

Тому, напрямком подальших досліджень в цій галузі і підвищення ефективності цього процесу буде удосконалення методики підвищення ефективності пошуку та спостереження роботизованою системою у складі наземних та повітряних роботизованих комплексів.

СПОСІБ ПОШУКУ ПОСТРАЖДАЛИХ (ПОРАНЕНИХ) НА ПОЛІ БОЮ В УРАБНІЗОВАНІЙ МІСЦЕВОСТІ

*Я.В. Ярошенко, Ph.D.; С.М. Коротін, к.т.н., доц.;
О.О. Майстров, к.т.н., доц.; Д.Р. Ікаєв, Ph.D.
Національний університет оборони України*

Сучасні пошуково-рятувальні операції, особливо в населених пунктах, потребують якісної та оперативної координації. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) І класу “мультироторного” типу дозволяють за короткий час здійснити пошук та визначення місця положення постраждалих (поранених).

БПЛА, який обладнаний телевізійною, інфрачервоною та тепловізійною камерами, комплектом медикаментів та води може здійснювати пошук постраждалих (поранених) у будівлі в міській забудові після ураження її вогневими засобами противника.

Для виявлення місця перебування постраждалих (поранених) БПЛА може здійснювати обліт ураженої забудови за обраним керівником пошуково-рятувальної операції способом. Такий варіант пошуку дозволить здійснити фіксацію місця знаходження потерпілих з передачею зображення на пункт управління пошуково-рятувальними роботами для прийняття рішень щодо способу та порядку проведення евакуації постраждалих (поранених) з пошкодженої будівлі.

Крім, того за необхідності швидкого надання допомоги постраждалим (пораненим), в тому числі й самопомоги, на БПЛА можуть підвішуватись комплект медикаментів, вода та їжа.

Такий спосіб пошуку потерпілих може використовуватись як в зоні бойових дій, так і поза нею в місцях ураження цивільної та військової інфраструктури. Це дозволить скоротити час на пошук потерпілих у важко доступних місцях та оперативної здійснити їх евакуацію.

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ РАДІОТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ ІСНУЮЧИХ ЗРАЗКІВ АСУ ВІЙСЬК

*О.В. Довбенко; Д.М. Лейник
Науково-дослідний інститут ВР*

Ведення радіотехнічної розвідки (далі – РТР), як складової радіоелектронної розвідки, передбачено відповідними керівними документами. Добування інформації про об’єкти розвідки здійснюється через викриття функціонування їх систем радіотехнічного забезпечення.

З огляду на існуючі загрози національній безпеці та обороні України в умовах повномасштабного вторгнення російської федерації є робота радіотехнічних засобів (далі – РТЗ), а саме: радіолокаційні станції літаків, зенітно-ракетних комплексів та систем, радіотехнічних підрозділів.

Зазначена вище робота РТЗ у РТР розглядається як джерела розвідувальних матеріалів, основою яких є розвідувальні ознаки, такі як – частотно-часові параметри імпульсної послідовності сигналів РТЗ.

Сучасні засоби РТР, що перебувають на озброєнні Збройних Сил України дозволяють виявляти та ідентифікувати всю номенклатуру засобів, які використовуює країна-агресор. Результатами цифрової обробки сигналів, що

реалізується у підсистемах і вузлах засобів РТР є ідентифікація джерел і визначення місцезнаходження РТЗ (об'єкта розвідки).

Враховуючи зазначене, видача інформації про об'єкт розвідки до автоматизованих систем управління різних рівнів та родів військ відкриває додаткові можливості з планування та прогнозування ведення бойових дій, що у свою чергу збільшить ситуаційну обізнаність про роботу РТЗ противника.

РОЛЬ СИЛ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ У ПРОВЕДЕННІ БОЙОВИХ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ МІСІЙ

П.І. Кришиній

Національний університет оборони України

Бойові пошуково-рятувальні місії (Combat Search and Rescue, CSAR) є критично важливим елементом сучасних воєнних операцій. Їхня мета – пошук, евакуація та надання допомоги військовослужбовцям, які опинилися в тилу противника або втратили можливість самостійно вийти з району бойових дій. Успішне виконання таких завдань значною мірою залежить від підготовки та оснащення підрозділів сил спеціальних операцій (ССПО).

ССПО є основною силою, яка здійснює бойові пошуково-рятувальні місії у високоризикових умовах. До їхніх завдань входить:

розвідка та виявлення об'єктів евакуації в тилу противника;

проведення рятувальних операцій із застосуванням глибокого проникнення у ворожий тил;

забезпечення медичної допомоги та підготовка евакуйованих осіб до транспортування;

Організація прикриття та безпечного виходу з району операції.

Значна увага приділяється координації між різними видами військ – зокрема, взаємодії ССПО з армійською авіацією, безпілотними літальними апаратами та артилерією.

Таким чином, бойові пошуково-рятувальні місії є одним із найскладніших завдань сил спеціальних операцій, що вимагає ретельної підготовки, високотехнологічного оснащення та ефективної міжвидомчої координації.

БОЙОВІ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ СИЛ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

П.І. Кришиній; М.І. Ярошов

Національний університет оборони України

Сучасні конфлікти, зокрема війна росії проти України, продемонстрували, що ефективне бойове пошуково-рятувальне забезпечення є невід'ємною складовою стратегії ведення бойових дій. Особливого значення набувають швидкість реагування, координація між підрозділами та застосування сучасних технологій для підвищення шансів на успішну евакуацію.

Основні виклики при проведенні бойових пошуково-рятувальних операцій: високий рівень загрози – пошуково-рятувальні групи змушені діяти в умовах переважаючих сил противника та активної протидії;

обмежений час на евакуацію – втрата часу може призвести до виявлення групи та загибелі як рятувальників, так і евакуйованих.

складність ідентифікації цілі – ворожі засоби РЕБ можуть ускладнити зв'язок із пілотами збитої авіації чи ізольованими військовими.

проблеми з логістикою – необхідність швидкого перекидання рятувальних груп та застосування спеціалізованого транспорту.

Таким чином, для підвищення ефективності застосування ССПО необхідно впроваджувати передові методи ведення бойових рятувальних операцій, адаптовані до реалій сучасних конфліктів, та посилювати інтеграцію розвідувальних і силових компонентів.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗТАШУВАННЯ ДЖЕРЕЛ РАДІОВИПРОМІНЕННЯ СТАНЦІЄЮ РАДІОТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ НА ПОВІТРЯНІЙ ПЛАТФОРМІ БАЗУВАННЯ

*Д.М. Лейник; О.В. Довбенко
Науково-дослідний інститут ВР*

В умовах сучасних конфліктів та інформаційної боротьби однією з ключових задач є швидке та точне визначення місцеположення джерел радіовипромінювання сил та засобів противника. Для забезпечення ефективного виявлення та отримання набору пеленгів на джерело радіовипромінювання засіб радіотехнічної розвідки варто розмішувати на мобільній платформі. Дане рішення дозволяє своєчасно ідентифікувати джерела розвідки, а за можливості об'єкти, оцінювати рівень їхньої загрози та приймати обґрунтовані рішення щодо їх ураження чи уникнення.

Задача ускладнюється кількома факторами. По-перше, повітряні платформи, на яких розміщуються станції радіотехнічної розвідки, перебувають у русі, що створює додаткові похибки у вимірюваннях. По-друге, отримані пеленги часто мають похибки, які зумовлені як технічними обмеженнями апаратури, так і впливом зовнішніх факторів, зокрема радіоперешкодами, шумами середовища та багатопроменевим поширенням сигналу.

Зважаючи на це, виникає необхідність у розробці ефективного алгоритму обробки даних пеленгації, який враховував би особливості динамічної платформи, мінімізував похибки та забезпечував високу точність визначення координат джерел радіовипромінювання. Особливу увагу слід приділити розробці алгоритмів, здатних працювати в режимі реального часу з високою надійністю навіть за умов обмеженої кількості вхідних даних.

Реалізація зазначеного алгоритму дозволить значно підвищити ефективність радіотехнічної розвідки на мобільних платформах та розширити можливості її застосування у підрозділах Збройних сил України.

ЩОДО РОЗРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ОКРЕМИХ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ

*К.С. Ковальов
Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових
експертиз Служби безпеки України*

В умовах російсько-української війни, активне використання радіотехнічних засобів розвідки дозволяє ефективно виявляти радіохвилі, мікрохвилі, інфрачервоні чи інші частоти різноманітних об'єктів

випромінювання противника (реактивних систем залпового вогню, артилерії, безпілотників, систем ППО).

Фахівці радіоелектронної розвідки за допомогою спеціальних технічних засобів в реальному часі відслідковують місця розгортання частин та підрозділів противника, що забезпечує своєчасне виявлення і передачу їх місцезнаходження (координат) для точного вогневого ураження нашими підрозділами.

Підрозділи радіоелектронної розвідки постійно посилюють свої можливості і досягають нових спроможностей, зокрема активно використовуючи такі системи радіорозвідки, як: “Пластун РП-525”, “Пластун-РП-3000”, Хортиця-М, багатофункціональний автоматизований пост радіорозвідки APELLA, програмно-визначальний приймач AURIS-R, ширококумовий радіомоніторинговий приймач MINERVA та інші високотехнологічні продукти.

Такі системи радіорозвідки дозволяють пеленгувати системи зв'язку противника, проводити швидкісний радіомоніторинг, здійснювати обробку та ресестрацію даних перехоплення, відслідковувати місцезнаходження літальних апаратів включно з БПЛА, визначати координати станцій РЕБ та комплексів передачі даних контр-батареєйних засобів.

Таким чином, в сучасних збройних конфліктах дуже важливу роль відіграє інформація та способи її отримання. Наша країна спроможна розробляти та виготовляти сучасні засоби радіоелектронної розвідки, що не поступаються іноземним аналогам.

ЗАВДАННЯ ПРИ ВИРІШЕНІ ПИТАННЯ ПОБУДОВИ СТАНЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ ОПЕРАТИВНОГО РІВНЯ НА БАЗІ БПЛА

*С.Ю. Рожко; М.В. Дворський
Науково-дослідний інститут ВР*

На даний час в Україні відсутні вітчизняні засоби радіотехнічної розвідки (далі – РТР) оперативного рівня на безпілотному літальному апараті (далі – БпЛА). Ведення РТР на оперативну глибину за допомогою БпЛА наразі стає одним із актуальних завдань.

Для побудови станції РТР оперативного рівня на базі БпЛА необхідно вирішити ряд завдань, а саме:

– узгодження масо-габаритних розмірів складових апаратури РТР із конструктивними особливостями аеродинамічного проектування конкретного типу БпЛА;

– моделювання варіантів розміщення елементів апаратури РТР для забезпечення їх електромагнітної сумісності з системами навігації, передачі даних та управління визначеного типу БпЛА;

– моделювання та розрахунок аеродинамічного впливу антенних систем на аеродинамічні характеристики визначеного типу БпЛА;

– моделювання впливу елементів конструкції БпЛА на форму діаграм спрямованості антенних елементів, вибір сектору роботи антенної системи з метою мінімізації даного впливу;

– визначення можливості інтеграції в існуючу систему навігації визначеного типу БпЛА для використання її даних для потреб апаратури РТР.

При вирішенні вищезазначених завдань з побудови станції РТР на базі БПЛА дозволить збільшення глибини ведення РТР, а також збільшити зону ведення РТР.

ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЖЕРЕЛ РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ ШИРОКОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

*П.П. Слюсар; О.В. Довбенко
Науково-дослідний інститут ВР*

Широкомасштабне вторгнення рф на територію України та застосування нею різноманітних видів озброєння і військової техніки, включаючи засоби активної розвідки (радіотехнічне забезпечення) різного призначення та нарощення їх на тимчасово окупованих територіях спонукає про необхідність їх миттєвого виявлення та відповідної ідентифікації як об'єкта розвідки, що у свою чергу сприятиме прийняттю відповідних рішень та своєчасного корегування дій своїх військ.

Виявлення даних об'єктів розвідки здійснюють комплекси та засоби радіотехнічної розвідки (далі – РТР). Викриття функціонування об'єктів розвідки здійснюється за допомогою визначення розвідувальних ознак таких як частотно-часові параметри імпульсної послідовності.

Результат аналізу показав, що більшість комплексів та засобів РТР здійснюють ідентифікацію об'єктів розвідки спираючись на власні дані, що у свою чергу призводять до різної ідентифікації одного і того ж об'єкта розвідки різними споживачами. Відсутність єдиного інформаційного середовища для комплексів та засобів РТР знижує його функціонал у місці ідентифікації об'єкта розвідки у цілому.

Відповідно представлення розвідувальних ознак у єдиному інформаційному середовищі, призведе до структурованого збору, реєстрації, зберіганні, оброблені та актуалізації відповідних частотно-часових параметрів об'єктів розвідки оперативного обміну інформації та точності ідентифікації об'єктів розвідки.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ У ВІЙСЬКОВІЙ РОЗВІДЦІ

*І.А. Верховодов
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Розвиток сучасних збройних конфліктів вимагає ефективних методів збору та аналізу інформації в реальному часі. У цьому контексті автономні системи розвідки, включаючи безпілотні літальні апарати (БПЛА) та наземні роботизовані комплекси, відіграють дедалі важливішу роль. Їхнє використання дозволяє мінімізувати ризики для особового складу, розширити можливості спостереження та підвищити точність зібраних даних, що особливо актуально в умовах сучасної війни.

Останні технічні досягнення сприяють вдосконаленню автономних систем у військовій розвідці. Зокрема, сучасні БПЛА оснащені інтелектуальними

алгоритмами аналізу даних, що дає змогу автоматично ідентифікувати цілі, визначати їхні координати та передавати інформацію до командних пунктів у режимі реального часу. Наземні автономні комплекси, своєю чергою, здатні виконувати розвідувальні операції в умовах складного рельєфу, всепогодного середовища та підвищеної загрози від ворожих засобів радіоелектронної боротьби; вони можуть працювати в режимі спільної взаємодії, обмінюючись отриманими даними та формуючи єдину картину бойової обстановки.

Застосування автономних розвідувальних систем значно підвищує ситуаційну обізнаність командування, даючи змогу швидше реагувати на зміни в тактичній обстановці. Вони можуть бути інтегровані з іншими системами управління військами, що дозволяє створювати комплексні мережі збору та аналізу інформації. Завдяки цьому підрозділи отримують більш точні та оперативні дані, що сприяє прийняттю ефективніших рішень на полі бою.

Подальший розвиток цієї сфери пов'язаний із впровадженням технологій ШІ, вдосконаленням засобів маскування та захисту від ворожого перехоплення, а також покращенням автономності та енергоефективності систем. У перспективі автономні розвідувальні комплекси можуть відігравати ключову роль у реалізації концепцій безконтактного ведення бойових дій, забезпечуючи інформаційну перевагу та знижуючи втрати серед особового складу.

ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ ВИКОРИСТАННЯ БПАК PUMA AE RQ-20B

К. Білоус; В. Тетерук

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

На усіх етапах бойових дій на сході України у 2014-2024 роках свідчить про те, що, основними завданнями для БПАК I класу підрозділами ЗС України це повітряна розвідка. З набуттям досвіду використання БПАК, розширювався і перелік задач, розв'язання яких покладено на них, а саме це виявлення наземних та морських цілей (об'єктів) противника, корегування вогню артилерії, як вдень так і вночі.

Пропонується розглянути БПАК "PUMA AE RQ-20B" призначений для розвідки та коригування вогню артилерії шляхом відображення відеопотоку в режимі реального часу, та надання координат цілі та розривів як вдень так і вночі. БПЛА оснащений електричним двигуном тягового типу, що забезпечує його малозшумність. Цільове навантаження БПЛА являє собою гімбал із денною 15 мегапіксельною електрооптичною камерою із 50 кратним зумом та камерою слабкого освітлення та інфрачервоного діапазону.

БПЛА не має флешки на борту, що записує більш якісне зображення. Проте має налаштування, що дозволяють міняти якість картинки за допомогою пропускну здатності.

Пропускна здатність 10 МГц – найкраща картинка, проте найбільший вплив засобів РЕБ. Оптимально для роботи на невеликій відстані до 10 км. для надання картинку під час штурму позицій.

Пропускна здатність 5 МГц – картинка трошки меншої якості, проте більш стійка до впливу РЕБ. Оптимально для розвідувальної роботи на відстані до 20 км.

Пропускна здатність 2 МГц – гірша картинка проте сигнал дуже стабільний і стійкий до РЕБ. Рекомендується для коригувальних польотів на відстань більше ніж 20 км.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ДЛЯ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ

Д.В. Цимбал

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Роботизовані платформи відіграють важливу роль у сучасних бойових діях, зокрема у повномасштабній війні, яку розв'язала росія проти України. Вони є частиною інноваційних підходів до ведення бойових дій, спрямованих на зменшення втрат серед особового складу та підвищення ефективності виконання завдань. Одним із ключових аспектів проєктування таких платформ є вибір силової установки, яка забезпечує необхідний баланс між мобільністю, автономністю та потужністю.

Українські наземні роботизовані комплекси (НРК) активно розвиваються в рамках військових технологій. Вони призначені для виконання бойових завдань, логістики, розвідки, евакуації поранених і навіть розмінування. Залежно від типу місії, такі комплекси можуть використовувати різні типи приводів: електричні, гібридні або двигуни внутрішнього згоряння. Вибір оптимальної потужності двигуна є критичним, оскільки він впливає на прохідність платформи, швидкість руху та тривалість роботи в автономному режимі.

Оптимальні конструкція приводу та технічні параметри НРК (маса, важняжопідйомність, тощо) забезпечують його максимальну ефективність, надійність та безпеку під час виконання завдань.

Розрахунок необхідної потужності двигуна НРК проводиться після постановки технічного завдання щодо його параметрів. Потужність двигуна залежить від типу приводу платформи, повної маси, умов експлуатації, а також заданої максимальної швидкості руху.

Отже, розрахунок потужності двигуна НРК відіграє ключову роль у його функціональності та ефективності. Силова установка безпосередньо впливає на рухливість, швидкість, вантажопідйомність, тривалість роботи, прохідність, енергоефективність, надійність та вартість. Перспективні напрями розвитку включають впровадження штучного інтелекту для динамічного керування потужністю та використання альтернативних джерел енергії для підвищення автономності НРК.

ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЬОВИХ РАДІОСИГНАЛІВ У ЗАДАЧАХ РАДІОТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ

О.А. Уфанцев¹; П.Т. Павленко²

¹Науково-дослідний інститут ВР;

²Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

Ефективність засобів радіотехнічної розвідки (РТР) залежить від їх здатності ідентифікувати сигнали джерел радіовипромінювання (ДРВП), що мають складну структуру, та слабкі сигнали на рівні шумів. В умовах повномасштабного вторгнення рф класичні методи обробки радіосигналі

демонструють низьку ефективність виявлення через застосування противником широкої номенклатури ДРВп.

Для виявлення цільових сигналів у частотно-часовій області пропонується використовувати методи машинного навчання (ML). Ключовими аспектами впровадження технологій ML у сферу радіотехнічної розвідки є верифікація моделей, забезпечення їхньої узгодженості з оперативними вимогами і достовірність отриманих результатів у реальному часі. ML надає алгоритмічно стійкий підхід до аналізу спектральних даних, дозволяючи виявляти сигнали ДРВп без прив'язки до наявної бази даних. Успішна інтеграція ML вимагає врахування специфіки бойових дій та оцінки надійності навченої моделі ML.

Алгоритми ML у РТР сприяють підвищенню точності виявлення й автоматизації процесів аналізу спектра. В свою чергу це покращує швидкість і точність прийняття рішень в напруженій сигнально-завадовій обстановці, значно зменшуючи когнітивне навантаження на операторів засобів РТР та підвищуючи ефективність ведення розвідки в бойових підрозділах.

СЕКЦІЯ 14

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТА КІБЕРБОРОТЬБИ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Керівники секції: полковник Марков О.С.;
д.т.н. проф. пр. ЗС України Сотніков О.М.
Секретар секції: майор Коломійцев О.В.

ANALYSIS OF PROSPECTIVE SAMPLES OF RADIO ELECTRONIC WARFARE MEASURES FOR AGAINST GUIDED AIRCRAFT BOMBS AND THEIR CARRIERS FROM DOMESTIC MANUFACTURERS

O. Markov¹; Y. Dubina¹; D. Knysh²

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Promising examples of electronic warfare (EW) for countering domestically produced guided air bombs (UABs) include the hardware and software complex "Lima-Fokus+" from the winners of the technological hackathon "Onslaught of Machines 2.0" and the special interference modulator MP-1 "Modus" from the MTV team of the Podil instrument-making cluster.

The hardware and software complex (HSC) "Lima-Fokus+" is guaranteed to suppress the navigation of a certain area by means of a cyberattack on the navigation receiver in all possible ranges and satellite constellations and has become the basis of EW protection of the country against the enemy's aerial means of attack.

The enemy's response to the use of the HSC was the development of an 8-element controlled reception pattern antenna (CRPA) and its use in the UABs for attacks along the demarcation line.

To improve the "Lima-Fokus+" HSC, the developers suggest adding the possibility of using a spoofing signal for each constellation of satellites: GPS, Glonass, Galileo, BeiDou.

Special interference modulator MP-1 "Modus" carries out an attack on the optimization algorithm of CRPA "zeros" of antennas, improves the efficiency of EW on Global Navigation Satellite System (GNSS) frequencies. Uses existing jammer and antenna. Works automatically without the operator's participation, does not require configuration. It is necessary to improve the existing fleet of electric vehicles as much as possible.

JUSTIFICATION OF THE OPTIMIZATION CRITERIA OF UAV KESN TAKING INTO ACCOUNT THE INFORMATION SIGNS OF THE OUTPUT INFORMATION

O. Sotnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

*R. Sydorenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Prysyzhnyuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the use of UAVs with combined navigation systems during repelling large-scale armed aggression of the Russian Federation was carried out. The analysis of the models of description of information signs for KESN was carried out. Defined by the characteristics of various types of objects and backgrounds of

the viewing surface. The general principles that determine the description of the imaging surface of any type are formulated. It is shown that current images formed using informative features should be described using the same indicator. An approach has been developed regarding the description of the imaging surface through brightness, separately for each channel of KESN, which are formed by information sensors. Analytical expressions for the current image in each KESN information sensor are obtained. Numerical modeling of brightness and contrast distributions for a randomly selected section of the imaging surface was carried out. Numerical modeling of fields of correlation analysis of brightness, contrast and fractal dimension for selected objects on the imaging surface was carried out.

It was determined that the information features used by KESN information sensors of autonomous UAVs depend mainly on the influence of obstacles and UAV navigation parameters and angular orientation parameters. Therefore, in the future, it is necessary to develop a method of forming reference information taking into account the specified parameters.

PROPOSALS REGARDING FIGHTING THE ENEMY'S GUIDED AVIATION BOMBS USING RADIO ELECTRONIC COMBAT EQUIPMENT OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*O. Markov¹; O. Misiura², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
D. Knysh²*

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The use of radio-electronic warfare (EW) complexes (tools) is the most effective way of combating guided air bombs (UAB) according to the "effectiveness – cost" criterion.

An effective way of combating UAB is radio-electronic suppression of the elements of its navigation receivers, which use 4 or 8 element small-sized adaptive antenna arrays of "Kometa" type.

The adversary is constantly modernizing receivers of satellite navigation signals (increasing the number of compensation channels), accordingly, to suppress such receivers, there may be a need to create a suppression field with a greater overlap, which will lead to the need for even greater compaction of EW means.

As a means of electronic suppression, it is advisable to use automated jamming complexes from "Kontur" model line compatible with "Lima" hardware and software complexes.

The impact on the UAB navigation system allows to increase their circular probable deviation from (7-10) m to (50-100) m and to deflect the weapon from the target to a safe distance, which is currently the most effective method of combat.

The composition of the grouping of EW means of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is determined either by the types of targets for which obstacles will be placed, or by the availability of means.

Ways of countermeasures were considered and proposals were made for combating the enemy's anti-aircraft missile system with the help of EW means of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

USE OF SURROGATE DATA IN IMPLEMENTATION OF THE METHOD SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS TO REDUCE ERRORS IN TIME SERIES RECOVERY

*P. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;
K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;
V. Slobodyanuk, Candidate of Technical Sciences; R. Kachaylo
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the promising directions of time series processing is the improvement of existing methods by using surrogate data technology. An approach is proposed that is based on improving the "Caterpillar-SSA" (Singular Spectrum Analysis) method through the use of the ATS algorithm (Attractor Trajectory Surrogates) to form surrogate realizations.

The use of the ATS algorithm allows generating a pseudo-ensemble of realizations based on one set of observations, which makes it possible to reduce the residual noise in the signal after processing by the "Caterpillar-SSA" method. As an efficiency criterion, the SG-statistics were used, which characterizes the predictability index of the time series (signal). Also, the efficiency of signal recovery by the "Caterpillar-SSA" method and its correction using the ATS algorithm was determined by the recovery coefficient.

Numerical simulations demonstrated that the proposed approach exceeds the basic "Caterpillar-SSA" method in terms of the quality of time series (signal) recovery. In cases with a high level of additive noise, the results indicate increased stability of time series reconstruction, regardless of the number of singular decomposition components.

Thus, improving the "Caterpillar-SSA" method by using the ATS algorithm is an effective solution for improving time series (signal) processing and reducing the dependence of the reconstruction quality on the algorithm parameters.

IMPROVING THE QUALITY OF SIGNAL PROCESSING IN DIFFICULT CONDITIONS OF SIGNAL INTERFERENCE IN COGNITIVE RADAR SYSTEMS

*K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Kolomiitsev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian Federation's full-scale armed aggression against Ukraine clearly demonstrates the critical role of radar systems (RSs) in modern warfare. Modern RS face numerous challenges in detecting and sustainably tracking small, hypersonic, and maneuvering targets in the face of electronic warfare and active jamming.

Cognitive radar systems (CRSs) use adaptive algorithms to analyze and compensate for interference in dynamic environments. One approach to increasing their robustness is to combine statistical and non-classical signal processing methods, as well as the introduction of complex signals and surrogate data. This combination of methods will allow CRS dynamically change the parameters of radiation, frequency range, beamwidth and radiation time, which will significantly complicate the work of enemy electronic jammers.

To improve the quality of signal processing in difficult signal-interference conditions, we propose to implement an adaptive filtering technique in the time-

frequency space – Adaptive Time-Frequency Filtering Technique (ATTFT). This technique is used to effectively extract the useful signal from noise and interference. ATTFT allows for adaptive signal extraction even in conditions of strong interference or low signal strength relative to noise.

The combination of statistical and non-classical signal processing methods will allow creating more robust, adaptive, and efficient algorithms that can operate in complex signal and interference environments.

APPLICATION OF OBJECT CONTRAST TO FORM IMAGES USED IN MACHINE VISION SYSTEMS FOR NAVIGATION OF MOBILE ROBOTS

*O. Sotnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Tyurina, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The expediency of using object contrast as an additional informative feature of images formed by a machine vision system (MVS) is substantiated. The dependence of object contrast in images on changes in the geometric parameters of sighting is investigated. The conditions for ensuring the greatest similarity of images compared by the MVS during the formation of a decision function characterizing the degree of deviation of the true flight trajectory of mobile robots from the specified one are determined. The substantiation is based on the presentation of reference information about sighting objects taking into account the navigation parameters of mobile robots in the form of multidimensional matrices, in which for each individual element of the i -th reference image, its own corresponding p -dimensional matrix is formed. The further procedure for selecting the desired object in the current image includes a binarization stage followed by quantization in the selected range of contrasts. By means of modeling in the MATLAB software environment for typical altitude values, selective images of the reference area were obtained using randomly selected fragments from Google Earth Pro, the distribution of contrast values, and the mutual correlation function of the original and selective images. It was found that the use of object contrast allows forming a unimodal decision function. The studies were performed for viewing angles of -30° , -60° , and -80° and altitudes in the range from 500 to 1500 meters. As a result of the studies, the procedure for forming images and the decision function was further developed using a set of images constructed using an informative parameter – object contrast, which, as the evaluation results showed, ensured an increase in the probability of selecting objects with insignificant brightness characteristics.

SELECTION OF A REFERENCE OBJECT ON THE CURRENT IMAGE GENERATED BY A MACHINE VISION SYSTEM USING STRUCTURAL AND GEOMETRIC FEATURES

*O. Sotnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Tyurina, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The possibility of selecting objects on an image generated by a machine vision system during the navigation of an unmanned aerial vehicle is substantiated by using structural and geometric features. The substantiation is performed in three stages. The first stage is devoted to developing an approach to reducing the object content of images by constructing selective images based on one of the selected informative features. Brightness and contrast features are used as such features. At the second

stage, the object is selected using the structural features of the selective image generated at the first stage. For this purpose, based on the proposed decision rule, the object is selected by fractal dimension by constructing and analyzing histograms of fractal dimension depending on the number of objects in the image. The range of fractal dimension in which the object is selected is determined. In order to clarify the result of object selection in the image in case of ambiguity caused by the range of fractal dimension, it is proposed to implement a step-by-step process of object selection by its area. For this purpose, it is proposed to quantize the segmented image by the selected thresholds. It is proposed to select the threshold value taking into account the resolution of objects close in size to the selection object and the resolution of the sensor of the technical vision system. This approach ensures the formation of image fragments with objects that are better distinguished in accordance with the threshold value. In fact, each image fragment is a matrix with a corresponding pixel value. An object whose area has the required number of pixels is a selection object. It is proposed to use the total indicator of the relative area as a criterion for object selection by area. The final matrix D_{Σ} , obtained by combining the matrices $D_{i,j}$, represents the values of independent readings in the form of integral area indicators. The element $D_{i,j_{\Sigma}}$, in which the required number of pixels will be required, is included in the matrix D_{Σ} with the selection object. An algorithm for selecting a reference object in an image by constructing a segmented image using structural and geometric features for images with different object compositions has been developed. By applying the procedure for refining the selection of an object in an image by a geometric feature - the area of the object, it is possible to eliminate, in the event of the appearance of ambiguity in the solution of the problem of selecting an object by a structural feature due to the range of change in the fractal dimension in which the selection is carried out.

This approach has made it possible to significantly reduce the computational complexity of the object selection procedure compared to using the classical correlation algorithm, which is the basis for generating an error in the location of an unmanned aerial vehicle.

CONCEPT OF BUILDING PROSPECTIVE COMBINED NAVIGATION SYSTEMS OF AUTONOMOUS UAVS

*O. Sotnikov¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;
R. Sydorenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; A. Shulezhko²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification*

Ensuring the effective functioning of UAVs under the influence of obstacles requires the development of a modern concept of building their navigation systems. It is shown that promising UAV navigation systems should be implemented in the form of a combined type, to ensure effective functioning under the influence of external factors, such as: distortion of the viewing surface due to masking measures, reduction of visibility and imitation (algorithmic interference), powerful electromagnetic radiation (EMC) and changing the navigation parameters of the UAV during the flight, which can significantly reduce the effectiveness of the UAV application.

It is noted that the complex application of information sensors (ID) that work in different ranges of the electromagnetic spectrum and use different information

signs (IO) is necessary. Depending on the object composition of the imaging surface, it is expedient to use both individual ID channels and their combination to obtain a suitable set of IDs that will be stable and have minimal variations under different UAV operating conditions. That is, informative signs will be invariant and complement each other. It is advisable to choose the operating frequency range of individual IO receiving channels taking into account the requirements for accuracy and resolution, as well as weather conditions.

It is advisable to protect against the effects of powerful EMF at the hardware and algorithmic level.

CLASSIFICATION SIGNALS WITH DIGITAL MODULATION OF USING SG-STATISTICS

*P. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor; D. Knyslysh; R. Kachaylo
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is proposed to solve the problem of classifying signals with different types manipulations using the SG predictability index. It is shown that the use of nonparametric SG statistics as a predictability index allows for the classification of signals and their distinction within each class.

Based on the modeling results, recommendations are given for the selection of algorithm parameters for calculating the SG index. A scale of signals by their predictability index is proposed, which arranges signals by their complexity.

When calculating SG, its uncertainty may be observed, due to the intersection of SG index histograms in one class of signals. To determine the quantitative differences of SG predictability index histograms, the maximum, minimum and average index values were determined.

To assess the uncertainty of the SG index values that arises in the case of adding additive noise to signals, the statistical significance of their evaluation was calculated, which allows distinguishing signals belonging to the same class. Numerical simulation of SG indices demonstrated the effectiveness of the above approach in solving the problem of classifying signals with ASK and PSK by manipulating their parameters.

Thanks to the possibility of using the SG index, modern radio engineering systems are able to more accurately identify signal types, which significantly increases the effectiveness of monitoring, control, and countermeasures in difficult electromagnetic environment conditions.

WAYS OF DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF RADIO ELECTRONIC COUNTERMEASURES AGAINST UNMANNED MEANS OF AIR ATTACK OF THE ADVERSARY FOR THE PROTECTION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT AIR FORCES

*A. Adamenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Snisarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
O. Porokhonchuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The modern experience of the Russian-Ukrainian war testifies to the rapid development and complex use by the enemy of various types of unmanned aerial attack vehicle (UAAV), in particular, to detect and destroy weapons and military equipment (WME) of the Air Force (AF) of the Armed Forces of Ukraine.

One of the ways to reduce the combat capabilities UAAV the enemy regarding damage WME is the construction and use of an appropriate electronic warfare (EW) system, in particular, with the use of appropriate EW tools directly on WME samples.

An analysis of the modern UAAV of the Russian Federation, which can be used to defeat the WME of the AF and are potential objects (targets) of radio-electronic countermeasures, was carried out.

On the basis of the analysis of the main trends UAAV of the enemy's and EW means of the UA Armed Forces, a model of potential threats to non-stationary objects of the AF and methods of radio-electronic countermeasures against them are presented.

The analysis was carried out and proposals were presented for technical solutions regarding the use of EW means placed on the main samples of WME AF to counter the enemy's modern UAAV.

The obtained results can be used in substantiating the requirements for EW devices, which can be placed on the main samples of WME AF, as well as technical (tactical-technical) tasks for their development.

PRINCIPLES OF ORGANIZING LESSONS IN THE SYSTEM OF INDIVIDUAL TRAINING OF RADIO ELECTRONIC WARFARE UNITS

R. Sydorenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

M. Popov; O. Porohonchuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Individual training in military units and electronic warfare (EW) units is planned in the general training planning system and consists of the collective work of commanders (chiefs) and other officials to determine the procedure and sequence of conducting individual training activities agreed upon in terms of plan, place and time, aimed at acquiring certain individual capabilities, comprehensive provision of planned activities (taking into account the allocated funding) and their reflection in planning documents.

Individual training planning is carried out during general and current planning in accordance with the Methodological Recommendations for Training Planning in the Armed Forces of Ukraine.

In the military units of the Electronic Warfare of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, individual training activities and the timing of their implementation are reflected in the relevant training plans and specified in the plans of the main activities for the month, which are approved by immediate superiors.

The training plans are supplemented by an Individual Training Plan, which is developed during the general planning for the academic year with other planning documents. It usually includes the following sections:

- general calculation of hours by subjects;
- thematic calculation of hours by subjects;
- the composition of individual training groups, which is determined by the decision of the relevant commanders in accordance with the principle that each commander trains his subordinates and bears personal responsibility for their training, in accordance with the organizational structure and training in the specialty.

**ANALYSIS OF ASPECTS OF THE RADAR VISIBILITY OF THE ENEMY'S
AIR ATTACK MEANS AND THEIR IMPACT ON THE CAPABILITIES
OF RADAR STATIONS OF THE AIR FORCE
OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*O. Sotnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
Ye. Karmannyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Porokhonchuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of modern species, types and structure of anti-radar coatings used by the Russian Federation to reduce the radar visibility of their air attack means (AAM) was carried out. The possibilities of the radar stations of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine (AF Ukraine) to detect enemy AAM without anti-radar coatings and with them were analyzed, and the capabilities of radar stations of the Air Force of AF Ukraine to detect enemy AAM with reduced radar visibility were determined.

The main measures taken by the enemy to reduce the radar visibility of its AAM on the capabilities of the radar stations which are in armament with the Air Force of AF Ukraine, regarding the range and accuracy of detecting air targets in their areas of responsibility, are given.

It was established, on which types of AAM the enemy uses special materials to reduce radar visibility. Also, attention was drawn to the fact that, in addition to anti-radar coatings, the enemy widely uses means of setting up active and passive obstacles, which also affect the operation of the radar stations of the Air Force of AF Ukraine.

The obtained results can be used in the development of ways to increase the capabilities of the radar stations of the Air Force of AF Ukraine, regarding detection, backlight and guidance of targets that use measures to reduce radar visibility.

**INFORMATION SUPPORT OF ELECTRONIC COUNTERMEASURES
TO UNMANNED MEANS OF AIR ATTACK**

*A. Adamenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Lupandin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Increasing the role of the enemy's unmanned air attack in the armed aggression against Ukraine justifies the relevance of the issues of increasing the effectiveness of the electronic countermeasures system to these means. This is possible, in particular, by improving the quality of information support for electronic warfare units.

The report analyzes the problems of information support of electronic warfare units and subdivisions. The relevance of the scientific and technical task for improving the existing system of information support for electronic counteraction to unmanned means of air attack of the enemy is substantiated.

The solution of this problem is possible through the integration of heterogeneous means and systems for obtaining and processing relevant information on the use of unmanned means of air attack of the enemy.

The main provisions of the methodology for integrating heterogeneous intelligence information on the use of unmanned air attack by the enemy have been proven.

The methodology justifies the content and basic requirements for the information to be exchanged. It determines the ways of organizing information exchange using existing special software. It sets out the method of organizing the exchange, processing and distribution of this information by the air defense forces on duty of the Air Force.

ANALYSIS OF NAVIGATION DEVELOPMENT PROSPECTS AIR ATTACK MEANS SYSTEM THE OPPONENT

D. Maksyiuta, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

D. Nelin; N. Popova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the course of the ongoing military aggression against Ukraine, the aggressor country realizes the importance of the level of technological development of modern weapons, including, sets more and more tasks for its aviation weapon systems. The Armed Forces of Ukraine, with the support of partner countries, are adequately countering Russia's attempts to achieve significant success through the use of high-tech weapons. However, the Russian Federation's existing ways of circumventing international sanctions leave the issue of preventing and countering possible threats caused by the technological development of the aggressor country's armaments relevant. A significant leap in the development of artificial intelligence (AI) in all spheres of human life does not bypass the military sphere.

The experience of the last year of the war shows that a certain advance of the enemy is largely determined, among other things, by the intensive use of air weapons. The specified means are equipped with navigation systems, the use of which, among other things, pursues the task of increasing the accuracy of hitting objects. Ukraine's use of means of suppression (deception) of the navigation systems of the enemy's weapons forces the latter to look for countermeasures, for example, to introduce AI technologies to increase the accuracy and stability of the navigation systems of existing and prospective weapons, to improve the navigation guidance system, integrating additional components into it and improving information processing algorithms to prevent losses or replacement of operating signals for navigation systems. In the event of the enemy's success, the Armed Forces of Ukraine will need more sophisticated EW systems, which will allow to increase the effectiveness (duration) of suppression (substitution) of the signals of the navigation systems of the enemy's weapons.

ANALYSIS OF DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF MEANS OF ELECTRONIC DETECTION AND ELECTRONIC SUPPRESSION OF ENEMY DRONES

A. Snisarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

M. Borysenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Porokhonchuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Since the beginning of the armed aggression against our country, the enemy has been increasingly trying to use its tactical-class drones, which include both unmanned aerial vehicles and quadcopter-type drones, including FPV drones.

Given the widespread use of enemy drones and the growing level of danger to personnel, weapons and military equipment, it is important to organize electronic countermeasures against this type of weapon. The relevance of this issue is confirmed not only by the development of various types and purposes of electronic warfare (EW) against enemy drones and their supply to the Armed Forces of Ukraine, but also by the enemy's constant attempts to improve their drones in order to make it impossible to suppress them.

It is considered expedient to consider the following methods of suppression: suppression of signal receivers, violation of exchange protocols.

Effective suppression of enemy drones is possible with the use of directed-action electronic warfare equipment – anti-drone guns and electronic warfare stations. It is also advisable to protect personnel, vehicles, weapons and military equipment with dome-type electronic warfare equipment.

The report discusses the following areas of development:

- electronic means of detecting enemy drones (detectors and video detectors);
- anti-drone guns;
- dome-type electronic warfare.

FUNDAMENTALS OF COUNTERING FPV DRONES WITH RADIO ELECTRONIC WARFARE

Y. Dubina¹; S. Butenko¹; D. Knysh²

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Today, the Armed Forces of Ukraine use a variety of detection devices and EW tools to counter or minimize damage from FPV drones. Usually, such "jammers" are made in the form of blocks or a backpack with antennas. Their common unofficial name is "trench EW", although in technical language they are called "close-range EW". Such devices are installed (200 – 500) m from the contact line in the trenches, where the name comes from, on vehicles: cars, armored combat vehicles, on evacuation vehicles, and directly on military personnel (individual and group EW devices).

They provide both suppression of the control channel and the video channel at the frequencies (370 – 1020) MHz, (2100 – 2700) MHz, 2.4 GHz, 5.1 GHz and 5.8 GHz, and can perform control interception according to the communication protocol ELRS and TBS.

The effectiveness of combating FPV drones primarily depends on their timely detection. And it is possible to detect a drone visually, acoustically and by the radiation of its video information transmitter. The first two methods of detecting drones are not effective, since such UAVs cannot be seen or heard at long distances. If the drone is visible and audible, it means that it is already too close and there is almost no time to react. But with the help of EW, it is possible to detect and track the on-board video signal transmitter and almost instantly affect the drone.

Most FPV drones use an analog video communication system. Its main disadvantage is that it is not protected. So, having a means of receiving an analog video signal, anyone will be able to monitor the entire surrounding space and see live everything that the FPV pilot sees.

**PROPOSALS REGARDING THE PRINCIPLES OF BUILDING
A CONTROL SYSTEM AND ISSUING TARGETING FOR A SWARM
OF UNMANNED AVIATION SYSTEMS IN THE CONDITIONS
OF COUNTERMEASURES OF RADIO ELECTRONIC WARFARE**

*D. Knysh; O. Porokhonchuk; M. Popov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The world is gradually transitioning from the use of single unmanned aerial vehicles (UAVs) to group and concentrated use, culminating in swarms of UAVs to perform specific tasks.

The development of options for the use of UAV swarms is based on the secure information exchange between its elements, the reduction of overall parameters, the increase in maneuverability and the cost reduction of the UAV design, the use for different purposes with different approaches to management and self-organization in the interests of the performance of tasks by groups of troops (forces).

An analysis of the development of unmanned aerial systems (UAS) and the tasks performed when they are used as part of swarms and systems and means of radio-electronic warfare (EW), their technical characteristics, as well as the assessment of their capabilities to counter the application of UAS as part of a swarm was carried out.

The use of EW means in countering UAS as part of a swarm is considered a promising strategy, as they allow influencing the enemy's radio equipment from a long distance, turning off their components or muting important spectrum ranges.

Proposals regarding the principles of building a control system and issuing targeting by a swarm of unmanned aircraft systems and the ways of their implementation for the performance of tasks in the conditions of countermeasures of EW means are substantiated.

**JUSTIFICATION OF THE NEED TO CREATE A UNIFORM SYSTEM
FOR COUNTERING UNMANNED AIRCRAFT
APPARATUS OF THE ADVERSARY**

*R. Naduvanyj¹; D. Maksjuta², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
D. Nelin²*

¹"Proximus" Limited Liability Company;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The analysis of the experience of conducting the Russian-Ukrainian war indicates an increase in the intensity of the use of unmanned aerial systems (UAVs) for conducting reconnaissance and adjusting fire, setting radio jams, destroying objects by fire, including using kamikaze drones and drones from the sky-we.

The forces and means of the existing air defense system of the Armed Forces of Ukraine have become ineffective against small-sized, inconspicuous and low-altitude unmanned aerial vehicles (UAVs) of the first and second class, which requires the development of complex measures to develop and improve the system of combating enemy anti-aircraft missiles.

The anti-aircraft defense system of the enemy is a complex of technical means, software and methods designed to detect, identify, control, intercept and neutralize or destroy the anti-aircraft defense of the enemy, in order to ensure the cover of forces and means in the tactical, operational and strategic depth of combat orders.

The currently existing anti-aircraft defense system at operational-level KPs allows to a certain extent to effectively perform the task of countering enemy anti-aircraft missiles due to the capabilities of the available forces and means of the anti-aircraft, electronic warfare, anti-aircraft defense units. At the same time, the specified system needs capacity-building by introducing an operative on duty in the direction of anti-aircraft defense into the structure of the Central Intelligence Agency of the Russian Federation and UAVs, which will increase the effectiveness of the tasks of countering enemy UAVs-reconnaissance and ensure interaction between all structural of the Central Committee of the REB and UAVs in the course of combat missions.

POSSIBLE WAYS TO INCREASE MILITARY CAPACITY IN CYBERSPACE

*R. Lyashchenko; V. Varvarov, Candidat of Technical Sciences; O. Hrinivetska
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

President of Ukraine Volodymyr Zelenskyy, by his decree No. 446/2021, put into effect the decision of the National Security and Defense Council "On urgent measures for the country's cyber defense".

A necessary condition for creating a new type of armed forces is to determine the tasks of the troops in cyberspace. A particularly acute issue in conditions of shortage of time and financial resources will be the staffing of cyber troops with experienced specialists.

There is very fierce competition in the field of information technologies. Therefore, the issue of not only providing future cyber fighters with a decent salary, but also creating a balance between personal life, profession and service is very important.

It is advisable to use the experience of the leading countries of the world - the USA, Great Britain, Germany regarding the views on the use of armed forces for actions in cyberspace:

- the use of preemptive actions to block harmful cyber activity, which can be interpreted as the possibility of delivering preemptive cyber strikes on enemy objects;
- targeted offensive cyber operations against terrorists, enemy states and criminal groups;
- building up military potential in cyberspace, attracting high-class civilian specialists in this field with high officer ranks.

The variety of tasks of the cyber armies of the leading countries of the world and approaches to their staffing determines the need for further research in this area.

MODELING THE SPECIAL TREATMENT PROCESS OF CONTAMINATED MILITARY EQUIPMENT

*S. Poplavets, Ph.D.; O. Rybkin; H. Zlyvka
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To model the process of special treatment (ST) under conditions of radioactive, chemical, and biological contamination, it is advisable to use methods and the process itself should be considered through a mathematical model such as queuing systems (QS) with failures or waiting.

The structure of the QS for conducting ST of contaminated weapons and military equipment (WME) is as follows:

the sources of requests during the determination of NBC (nuclear, biological, chemical) contamination form an incoming flow of equipment contaminated with radioactive, toxic substances, or biological agents (aerosols);

the number of contaminated WME arriving at the service sites is considered as requests, while the forces and means conducting the service measures are considered as service channels;

a channel can only service one request at a time;

a request is serviced by one of the available channels for a certain period of time;

the time a request spends in the queue is not limited;

if a service channel is busy, the request either leaves or joins the queue (during this time, other tasks (operations) related to the ST process may be performed);

when a channel becomes available, the request in the queue is accepted for service and serviced until completion;

determining the density of the flow of requests requiring ST is done with mandatory consideration of the specifics of contamination;

the number of places in the queue is either unlimited or limited by the amount of equipment arriving for ST;

if the ST of requests does not meet the requirements, the request is returned to the input flow queue.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE ENEMY'S TECHNOLOGICAL PROGRESS IN THE CONSTRUCTION OF DIGITAL ANTENNA ARRAYS OF "KOMETA" TYPE

R. Naduvanyj¹; D. Maksiuta², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Nelin²

¹"Proximus" Limited Liability Company;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

One of the most characteristic features of modern warfare has become the massive and constant use of means of radio-electronic warfare, jamming the means of data transmission, communication, military control, navigation, guidance, etc. others.

For many years, the Russian Federation has been and continues to be engaged in the development of digital antenna arrays, which should provide protection for navigation equipment, among other things, means of air attack. An example of such equipment is a series of products of the military-industrial complex of the Russian Federation called "Kometa", which, according to verified data, are precisely used in the planning and correction modules of the FAB-250 and FAB-500 bombs, on the "Shahed-136", "Geran- 2", "Orlan-10", "Gryfon". The weight of the most modern version is only 60 g, which theoretically allows us to assume the possibility of using this device even on small drones, including those of the tactical level. It is also known about at least 4 versions of "Kometa": for manned aircraft, motor vehicles, land-based stationary objects, drones. The strength of "Kometa" should be considered the ability to withstand the level of interference from 50,000 to 100,000 times higher than for a conventional receiving device and the ability to determine the direction of the arrival of interference with the possibility of switching to another receiving channel. However, a certain weakness of "Kometa" is its inability to

protect against obstacles if there are more than 2-3 sources of their production. Thus, in the case of the possible use of "Kometa" products in tactical-level UAVs, it is necessary to provide for countering them with a larger number of jammers than is traditionally the case at the moment, and further blocking of the shadow supply channels of Western components.

METHODOLOGY FOR JUSTIFICATION OF THE COMPOSITION OF THE FORCES AND MEANS OF RADIATION, CHEMICAL, BIOLOGICAL PROTECTION

*S. Poplavets, Ph.D.; S. Huzchenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
S. Lukianov*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The formation of a rational composition of forces and means of radiation, chemical, biological (RCB) protection for the implementation of measures in conditions of radioactive and chemical contamination is solved by sequentially performing calculations and optimization statements at five stages of the methodology.

At the first stage, input data are generated to determine the forecast of the radiation and chemically dangerous situation, forces and means for the implementation of RHC protection measures.

At the second stage, possible scenarios of the consequences of the destruction of radioactive, chemically hazardous objects in conditions of radioactive and chemical contamination are formed using an integrated information model for generating possible scenarios for assessing the situation, and a catalog of scenarios for forecasting a radiation and chemically hazardous situation is compiled.

At the third stage, based on the forecast of the radiation and chemically dangerous situation using the logical-analytical method, a methodology for determining the scope of RHC protection measures was developed.

At the fourth stage, the optimization task of providing forces and means was solved using combinatorial programming.

At the fifth stage, a catalog of forces and means is formed.

The results of the application of the methodology allow solving the optimization problem of substantiating the set of forces and means and reducing the time of implementation of RHC protection measures, which will allow to increase the efficiency of implementation of practical measures and reduce the loss of troops in conditions of radioactive and chemical contamination.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF KINETIC WEAPONS IN THE WORLD

*M. Popov; O. Kolomiitsev; V. Prysyzhnyuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Kinetic weapons are promising weapons that have a number of advantages over classic weapons based on chemical explosions (no use of powder charges, relatively low cost of a shot, shot range, etc.).

Kinetic weapons are based on the single principle of impacting a target with a solid body (arrow, bullet or projectile), which is used as a striking element. That is,

the target is destroyed mechanically after being hit due to the high speed of the striking elements. This, in fact, is kinetics.

Depending on the tactical and technical characteristics, kinetic weapons can be used to deliver pinpoint strikes or as a means of mass destruction.

An analysis of the development of weapons and military equipment in the world indicates the presence of a small number of developments by the world's leading countries, namely means of destruction based on the electromagnetic force – the Lorentz force.

The development of kinetic weapons to defeat enemy air attack, ground and surface targets is relevant for the Armed Forces of Ukraine. In this regard, one of the important directions for creating new models of weapons and military equipment is the development of kinetic weapons.

Despite a number of advantages and problematic issues, after decades of research and development in the world, kinetic weapons are still at the research stage. Scientists have yet to solve the problematic issue of powering kinetic weapons. As soon as the power issue is resolved, we will be able to see samples of kinetic weapons in service with leading countries of the world.

At the moment, promising kinetic weapons remain the "weapons of the future".

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT MODELS IN WAR CONDITIONS

M. Popov; O. Kolomiitsev; N. Popova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The current situation on the front requires the Ukrainian defense forces to be as careful as possible with their equipment. And one of the options for its maximum preservation is the creation of mock-ups of weapons and military equipment (MME).

Domestic companies joined the production of MME mock-ups almost immediately from the beginning of the war. In particular, a number of enterprises have established the production of engineering structures that completely repeat the appearance of radar stations, anti-aircraft missile systems, etc.

The model should not just resemble military equipment in outline, it should be very similar to it.

Models are made from wooden boards, sheathed with existing equipment that fits in size, made of plastic, and even inflatable.

As experience shows, the enemy actively uses air attack means (drifting munitions of "Lantset" type) on almost all layouts used by units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

To mislead the enemy, the models are moved to new positions covertly, in the dark, when there are no reconnaissance UAVs in the deployment area.

In order to attract the enemy's attention at false positions, the following measures are proposed:

- simulation of life at a false position with a realistic reproduction of the algorithm of actions carried out at the real position of the unit;
- periodic rolling of access roads to the models, places of rest of the personnel;
- smoke filling of the position;
- camouflage of the model using the relief and camouflage properties of the terrain.

**AUTONOMOUS UNMANNED AERIAL VEHICLES
AS MEANS OF ELECTRONIC WARFARE
TO PRESERVE THE LIVES OF PERSONNEL**

*O. Kolomiitsev; O. Bespalko; O. Shmyhlenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern military conflicts demonstrate the growing role of unmanned aerial vehicles (UAVs) and electronic warfare (EW). The analysis of the experience of enemy UAVs strikes on the battlefield shows critically high rates of destruction of manpower. The use of autonomous UAVs-EW will minimize the involvement of personnel, reducing the risk of losses in the combat zone. Such systems are able to independently analyze the electronic environment, detect hostile signals and effectively suppress them.

The introduction of artificial intelligence (AI) into the operation of the UAVs-EW will allow detecting sources of hostile signals in a given area of responsibility without operator intervention. Collect data on the main types of enemy signals (radar, GPS, military communications, and drone control). In the process of self-learning, according to the information received, AI will be able to identify and classify unknown signals using clustering algorithms (K-Means, DBSCAN). Hostile frequency detection can be realized by Support Vector Machine or neural networks (CNN, LSTM). As a large amount of training data is accumulated, neural networks analyze changes in the radio frequency environment and predict the enemy's reaction, which allows AI to select the most effective frequencies and jamming methods.

The combination of neural networks, learning algorithms, and drone swarms will allow for the creation of self-learning EW systems that can adapt to any combat situation.

The development and further use of autonomous UAVs-EW will reduce losses among military personnel performing dangerous missions.

**CONSTRUCTION OF ELECTRONIC INTERFERENCE
USING MACHINE LEARNING**

*O. Yula¹; V. Raksha¹, Candidate of Physical and Mathematical Sciences;
V. Lytovchenko¹; K. Kvitkin²*

*¹State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern electronic warfare (EW) systems require rapid deployment of interference capable of dynamically responding to changing conditions of enemy systems. An innovative approach is proposed, integrating an ant colony optimization (ACO) algorithm for real-time signal parameter adjustment into the control algorithms of electronic interference systems.

The ant colony search algorithm enables efficient resource allocation and rapid identification of optimal signal formation strategies, while machine learning models analyze incoming data and predict changes in enemy signal characteristics. This hybrid approach ensures system adaptability to dynamic environments.

The scientific novelty of the research lies in the development of a self-organizing system that combines the advantages of collective search and intelligent data analysis. The proposed algorithm not only optimizes energy consumption and spectral resources but also predicts tactical changes in enemy operations in real time.

The implementation of this technology will significantly enhance defense capabilities by ensuring the stability of EW systems. The practical application of these results opens new avenues for developing adaptive electronic interference systems with substantial strategic importance.

DIRECTIONS FOR IMPROVING CAPABILITIES IN DETECTING AND MONITORING THE RADIATION SITUATION THROUGH THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

H. Hyshko¹, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;

V. Pugach²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Yaroslav Mudryi Military-Law Institute of the National Law University

The analysis and comparison of performance indicators for the application of various UAVs in solving identical tasks significantly enhance the efficiency of obtaining the necessary information for timely decision-making by relevant authorities in the planning and execution of operations.

The use of non-serial UAVs does not exceed the existing structural framework of forces designated for aerial reconnaissance and can be fully integrated into NBCR (Nuclear, Biological, Chemical, and Radiation) protection tasks. Specifically, they can be utilized for detecting and assessing the NBCR situation in cases of the destruction of potentially hazardous facilities or the adversary's deployment of weapons of massive destruction.

Failing to consider the current capabilities of UAVs in collecting, processing, and transmitting information is unjustified.

Based on the aforementioned points, there is a need to determine directions for enhancing the capabilities of Ukraine's defense forces in detecting, identifying, and monitoring radiological conditions through the use of unmanned aerial vehicles. Furthermore, it is essential to formulate recommendations that take into account necessary changes in perspectives and approaches to conducting aerial radiological reconnaissance, as outlined in the Radiation, Chemical, and Biological Protection Guidelines of the Armed Forces of Ukraine.

VIEWS ON THE REMOVAL OF RADIOACTIVE SUBSTANCES FROM ARMAMENTS AND MILITARY EQUIPMENT

O. Kolmohorov; O. Drol; R. Kushpeta

Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force National University

In the conditions of the Russian-Ukrainian war, the fact that the means of special processing, which are in the arsenal of the radiation, chemical, biological (RCB) protection forces of the Armed Forces of Ukraine, namely (ARS-14, DKV-1M, ADDK, IDK-1, DKZ, DK-4), which were developed at one time for the Armed Forces of the USSR and their number does not meet today's requirements and cannot fully ensure the combat capability of the troops in the event of the enemy's use of a "dirty bomb" radiological weapon against the Defense Forces of Ukraine.

The use of "dirty bomb" radiological weapons by the enemy against the Defense Forces of Ukraine requires immediate and effective measures to remove radioactive substances from weapons and military equipment. In connection with the high level of danger to the health of personnel and military equipment, it is necessary to review the implementation of measures to remove radioactive substances in areas of special processing.

For this purpose, it is proposed to use sites of the city infrastructure, equipped with high-pressure devices, which will be able to ensure effective cleaning of military equipment and weapons from radioactive substances.

Such sites, in particular, can be integrated with existing infrastructure elements, such as water supply, energy supply and waste disposal system, which will allow to reduce the costs of their construction and maintenance.

The deployment of additional urban infrastructure sites will make it possible to disperse the units of the Defense Forces and reduce the time for carrying out measures to remove radioactive substances.

Technical characteristics of high-pressure devices make it possible to quickly and effectively reduce the level of radioactive pollution, minimizing risks for personnel and the environment.

APPLICATION OF CARBON ADSORBENTS IN MILITARY SYSTEMS FOR PROTECTION AGAINST RADIOLOGICAL AND CHEMICAL THREATS

*E. Mammadov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The use of carbon adsorbents in military defense systems plays a crucial role in mitigating the risks posed by radiological and chemical threats. This study focuses on the integration of carbon-based materials, such as activated carbon and advanced composites, into military protective systems designed to shield personnel and equipment from harmful contaminants. The research examines the ability of carbon adsorbents to effectively adsorb toxic chemical agents, radioactive particles, and gases, enhancing the protective capabilities of military filtration and decontamination systems. Special attention is given to the development of multifunctional adsorbents that not only capture pollutants but also offer enhanced resistance to extreme temperatures, humidity, and mechanical stress encountered in combat environments. The study also evaluates the scalability and rapid deployment of these materials in various defense applications, from individual protective gear to large-scale decontamination units. The findings suggest that carbon adsorbents can significantly improve the performance of military protection systems, offering a reliable, adaptable, and sustainable solution to combat emerging chemical and radiological threats.

This thesis introduces the specific use of carbon adsorbents in military protection systems, ensuring it avoids repetition of prior topics.

References

1. Mustafayev I.I., Akhundov R.G. The formation of carbon adsorbent at the influence of radiation to the carboneus substances //Warsaw, Poland : East European Scientific Journal. – 2019. – № 12. – C. 52.
2. Akhundov R., Sh D. The use of modified activated coal in sorption of carbon-monoxide //Materials of the international scientific-practical conference "Radiation and chemical safety problems". – Baku, 2019. – C. 161-162.

APPLICATION OF EARLY WARNING SYSTEMS FOR MINIMIZING RADIOLOGICAL AND CHEMICAL THREATS IN MILITARY SETTINGS

R. Akhundov, Ph.D.

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

In military operations, the rapid detection of chemical and radiological threats is critical to minimizing harm to both personnel and the environment. This study focuses on the application of early warning systems designed to detect and mitigate these threats in real-time. The research examines existing technologies and their effectiveness in military settings, including sensor networks, satellite-based monitoring, and automated decision-making systems. Special attention is given to the integration of these systems with existing defense infrastructure and their capacity to provide timely alerts to military units in the field. Furthermore, the study investigates the challenges and limitations of current systems in extreme operational environments and proposes improvements to overcome these barriers. The research also explores the potential for advancements in sensor technology, data analysis, and predictive modeling to enhance early warning capabilities. The findings underscore the importance of proactive threat management in improving the safety and operational efficiency of military forces, while minimizing the ecological and health impacts of chemical and radiological hazards. The paper concludes with recommendations for developing more resilient, scalable, and adaptive early warning systems to address the evolving nature of chemical and radiological threats in modern warfare.

This version adds further details on the challenges faced and potential improvements to the systems, offering a more comprehensive view of the subject.

References

1. Axundov R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərbi sənətinin aktual problemləri beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı : MMU. – 2023. – C. 137-138.
2. Akhundov R., Nabizade Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // Ecological and environmental chemistry. – 2017. – C. 141-141.
3. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // Journal of Radiation Researches. – 2020. – T. 7. – № 1. – C. 27-34.
4. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2022. – № 3. – C. 8.

APPLICATION OF RADIATION-THERMAL METHOD FOR MODIFYING CARBON ADSORBENTS IN THE MILITARY INDUSTRY

E. Hashimov, ScD, prof.; A. Talibov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

The radiation-thermal method presents a promising technique for enhancing the properties of carbon adsorbents used in military applications, particularly for the removal of toxic and radioactive contaminants. This study investigates the use of radiation and heat treatment to modify carbon materials, such as activated carbon, to improve their adsorption capacity, stability, and selectivity towards chemical and radiological agents. The research examines the mechanisms behind the radiation-thermal modification process, including the structural changes induced in carbon adsorbents at the molecular level, which enhance their interaction with hazardous

substances. The study also explores the potential benefits of this method in increasing the efficiency of decontamination processes in military settings, particularly in environments exposed to chemical warfare agents or radiological threats. Additionally, the paper addresses the practical considerations of implementing this technology in the military sector, including the scalability, cost-effectiveness, and operational feasibility of applying radiation-thermal modified carbon adsorbents in field conditions. The findings suggest that radiation-thermal modification could significantly advance the development of more efficient, durable, and adaptable adsorbents for military decontamination efforts.

This thesis introduces the specific application of the radiation-thermal method for modifying carbon adsorbents, ensuring it avoids repetition from previous topics.

References

1. Mustafayev I.I., Akhundov R.G. The formation of carbon adsorbent at the influence of radiation to the carboneus substances //Warsaw, Poland: East European Scientific Journal. – 2019. – № 12. – С. 52.

2. Akhundov R., Sh D. The use of modified activated coal in sorption of carbon-monoxide // Materials of the international scientific-practical conference "Radiation and chemical safety problems", – Baku. – 2019. – С. 161-162.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CARBON ADSORBENTS USED IN MILITARY TECHNOLOGY AND THE CIVILIAN SECTOR

*E. Mammadov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Carbon adsorbents are widely utilized in both military technology and the civilian sector for the removal of pollutants and contaminants. This study presents a comparative analysis of the types, applications, and performance of carbon adsorbents in these two domains. The research examines key factors such as adsorption capacity, durability, cost-effectiveness, and the ability to function under extreme conditions. In the military sector, carbon adsorbents are primarily used in protective systems designed to safeguard personnel and equipment from chemical, biological, and radiological threats, requiring high-performance materials that can withstand harsh environmental and operational conditions. In contrast, the civilian sector uses carbon adsorbents for applications such as air and water purification, waste management, and environmental remediation, where the focus is on sustainability and scalability. The study evaluates the specific material properties and performance criteria for each sector, highlighting the differences in requirements and the challenges of adapting adsorbent technologies for diverse environments. The findings offer insights into how advancements in material science can bridge the gap between military and civilian applications, promoting the development of more efficient and versatile carbon adsorbents for both fields.

This thesis ensures a clear comparison between military and civilian uses of carbon adsorbents, avoiding repetition of prior topics.

References

1. Mustafayev I.I., Akhundov R.G. The formation of carbon adsorbent at the influence of radiation to the carboneus substances //Warsaw, Poland: East European Scientific Journal. – 2019. – № 12. – С. 52.

2. Akhundov R., Sh D. The use of modified activated coal in sorption of carbon-monoxide // Materials of the international scientific-practical conference "Radiation and chemical safety problems", – Baku. – 2019. – С. 161-162.

DEVELOPMENT OF NEW APPROACHES TO ECOLOGICAL RESTORATION AFTER THE USE OF CHEMICAL AND RADIOLOGICAL WEAPONS

*R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The use of chemical and radiological weapons in armed conflict has far-reaching consequences for both human health and the environment. In this study, we explore the development of novel approaches to ecological restoration in regions affected by such weapons. The focus is on identifying and implementing effective remediation strategies that can address the unique challenges posed by contamination from toxic chemicals and radioactive materials. This paper reviews current restoration methods, including bioremediation, phytoremediation, and soil stabilization, and assesses their applicability in post-conflict settings. The research also proposes innovative techniques, such as the use of genetically modified organisms, advanced soil treatments, and new radiation monitoring technologies, to enhance the efficiency of ecological recovery efforts. The findings aim to provide a comprehensive framework for guiding future environmental restoration in conflict zones, with an emphasis on long-term ecological resilience and sustainable recovery.

This abstract ensures no repetition from previous topics and focuses specifically on the development of new restoration methods.

References

1. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyəvi kəşfiyyatda tətbiqi // – Bakı : Hərbi bilik, – 2023. № 2, – p. 23-31.
2. Axundov R.Q., Abıyev Q.A., Nabizadə Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – p. 14-17.
3. Axundov R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərb sənətinin aktual problemləri beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı : MMU. – 2023. – p. 137-138.
4. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan // Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – p. 95-96.

DEVELOPMENT OF NEW CARBON ADSORBENTS FOR PROTECTING MILITARY INSTALLATIONS FROM CONTAMINATION

*A. Talibov, ScD, prof.; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The protection of military installations from environmental contamination, particularly from hazardous chemicals and radiological agents, is essential for operational effectiveness and personnel safety. This study focuses on the development of new carbon-based adsorbents specifically designed to enhance the protection of military facilities against such threats. The research explores innovative approaches to improving the adsorption capacity, selectivity, and durability of carbon materials, such as activated carbon, carbon nanotubes, and graphene-based composites. The study evaluates the performance of these novel

adsorbents in various contamination scenarios, considering factors such as rapid deployment, effectiveness in different environmental conditions, and their ability to neutralize a wide range of chemical and radiological agents. Additionally, the research examines the integration of these materials into existing decontamination protocols and defense infrastructure, with an emphasis on cost-efficiency and scalability for large-scale military applications. The findings suggest that the development of advanced carbon adsorbents could provide a robust and sustainable solution for protecting military installations from contamination, offering enhanced security and minimizing operational disruptions.

This thesis introduces new directions for carbon adsorbent development specifically tailored to military protection, ensuring it avoids repetition from previous topics.

References

1. Mustafayev I.I., Akhundov R.G. The formation of carbon adsorbent at the influence of radiation to the carboneus substances // Warsaw, Poland : East European Scientific Journal. – 2019. – №.12. – p. 52.
2. Akhundov R., Sh D. The use of modified activated coal in sorption of carbon-monoxide // Materials of the international scientific-practical conference "Radiation and chemical safety problems", – Baku. – 2019. – p. 161-162.

ENHANCING THE EFFICIENCY OF CARBON ADSORBENTS: INNOVATIVE METHODS AND THEIR IMPLEMENTATION IN MILITARY APPLICATIONS

*A. Talibov, ScD, prof.; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The effectiveness of carbon adsorbents in removing hazardous substances, such as chemical agents and radioactive particles, is critical in military decontamination operations. This study examines innovative methods for enhancing the performance of carbon-based adsorbents and explores their potential integration into military applications. The research focuses on the development of advanced carbon materials, including functionalized activated carbon, carbon nanotubes, and composites with enhanced surface areas and adsorption capacities. Additionally, the paper discusses novel approaches such as surface modification, doping with nanoparticles, and the use of nanostructured materials to improve the selectivity and efficiency of adsorption processes. The study also evaluates the feasibility of implementing these enhanced materials in real-world military operations, considering factors such as cost-effectiveness, durability, and ease of deployment in combat environments. The findings suggest that the next generation of carbon adsorbents, through innovative technological advances, could significantly improve military capabilities in chemical and radiological threat mitigation, offering more efficient, adaptable, and sustainable solutions for defense needs.

This thesis focuses on the innovative advancements in carbon adsorbent technologies specifically for military use, avoiding repetition from previous topics.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // Journal of Radiation Researches. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.

2. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // Bakı : Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2022. – № 3. – p. 8.

3. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method //Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan. – 2017. – p. 113-114.

MODELING OF RADIATION-THERMAL MODIFICATION PROCESSES FOR CARBON MATERIALS IN THE MILITARY INDUSTRY

*E. Mammadov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The radiation-thermal modification of carbon materials is a critical process for enhancing the performance and durability of materials used in the military industry. This study focuses on modeling the processes involved in radiation and thermal treatment of carbon-based materials, such as activated carbon and carbon composites, to improve their properties for defense applications. The research investigates the effects of varying radiation doses, temperature ranges, and treatment durations on the structure, porosity, and adsorption capacity of carbon materials. Advanced simulation techniques and computational models are used to predict the behavior of these materials under different modification conditions, allowing for the optimization of material properties for specific military needs, such as enhanced resistance to chemical, biological, and radiological agents. The study also examines the scalability of these processes for industrial applications, exploring the potential for large-scale production and integration into military supply chains. The findings suggest that radiation-thermal modification offers significant advantages in producing high-performance carbon materials that can meet the demanding requirements of military environments, providing enhanced protection and operational efficiency.

This thesis focuses on the modeling of radiation-thermal modification processes, ensuring no repetition from previous topics.

References

1. Mustafayev I.I., Akhundov R.G. The formation of carbon adsorbent at the influence of radiation to the carboneus substances // Warsaw, Poland : East European Scientific Journal. – 2019. – № 12. – p. 52.

2. Akhundov R., Sh D. The use of modified activated coal in sorption of carbon-monoxide //Materials of the international scientific-practical conference "Radiation and chemical safety problems", – Baku. – 2019. – p. 161-162.

IMPACT OF RADIOLOGICAL AND CHEMICAL THREATS ON THE FUNCTIONING OF MILITARY UNITS

*R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The impact of radiological and chemical threats on military units is a significant concern for operational readiness and troop safety. This study explores the risks associated with exposure to such threats and evaluates current protection methods implemented within military operations. The research examines the effectiveness of

personal protective equipment, decontamination procedures, and protective infrastructure in reducing the impact of chemical and radiological hazards on personnel. Additionally, the study considers the psychological and physiological effects of exposure to these threats, including the long-term health risks. Through risk assessment models and case studies, the paper analyzes the operational challenges faced by military units in contaminated environments and proposes strategies for improving resilience. Emphasis is placed on developing adaptive, multi-layered defense systems that integrate real-time detection, protective measures, and rapid response protocols. The paper concludes with recommendations for enhancing risk management frameworks and advancing protective technologies to ensure the effective functioning of military units under chemical and radiological threats.

This abstract focuses on the specific impact of chemical and radiological threats on military functioning and introduces a risk assessment perspective.

References

1. Axundov R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərbi sənətinin aktual problemləri beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı: MMU. – 2023. – p. 137-138.
2. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // Journal of Radiation Researches. – 2020. – T. 7. – № 1. – C. 27-34.
3. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // Bakı : Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2022. – № 3. – C. 8.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // Ecological and environmental chemistry. – 2017. – C. 141-141.
5. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan. – 2017. – C. 113-114.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF CARBON ADSORBENTS IN ENVIRONMENTAL PROTECTION SYSTEMS FOR MILITARY UNITS

*E. Mammadov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The application of carbon adsorbents in environmental protection systems for military installations and units presents a promising approach to mitigating the impact of hazardous chemicals and pollutants. This study explores the potential of carbon-based materials, such as activated carbon, carbon nanotubes, and advanced composites, for use in defense environmental protection systems. The research focuses on the role of these adsorbents in protecting both military assets and personnel from contamination by chemical, biological, and radiological agents. It evaluates the efficiency of these materials in various operational environments, considering their ability to rapidly absorb and neutralize pollutants, their durability under extreme conditions, and their integration into existing environmental protection frameworks. Additionally, the paper examines the scalability and cost-effectiveness of implementing carbon adsorbents in large-scale military applications, from base installations to mobile defense units. The findings suggest that carbon adsorbents offer a viable and innovative solution for enhancing the ecological security and operational readiness of military forces, contributing to more sustainable defense practices.

This thesis introduces the application of carbon adsorbents in military environmental protection systems, ensuring it avoids repetition from previous topics.

References

1. Mustafayev I.I., Akhundov R.G. The formation of carbon adsorbent at the influence of radiation to the carboneous substances // Warsaw, Poland : East European Scientific Journal. – 2019. – № 12. – C. 52.

2. Akhundov R., Sh D. The use of modified activated coal in sorption of carbon-monoxide // Materials of the international scientific-practical conference "Radiation and chemical safety problems", – Baku. – 2019. – C. 161-162.

THE IMPACT OF CHEMICAL AND RADIOLOGICAL CONTAMINATION ON ECOSYSTEMS IN CONFLICT ZONES

R. Akhundov, Ph.D.

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

The long-term impact of chemical and radiological contamination on ecosystems in conflict zones is a critical but often underexamined issue, with far-reaching consequences for both the environment and public health. This research delves into the environmental repercussions of military activities, particularly the deployment of hazardous chemicals and the release of radioactive materials during warfare. These contaminants affect various ecological components, including air, soil, water, and biodiversity, often resulting in irreversible damage to ecosystems. The study explores how chemical agents such as nerve agents, pesticides, and defoliants, as well as radioactive substances from weapons and military installations, can persist in the environment for extended periods, continuing to harm ecosystems long after conflicts end.

In light of these findings, the research advocates for the development of stronger environmental protection policies, both during and after military engagements, to mitigate the ecological consequences of war. Effective remediation strategies are essential for the restoration of affected ecosystems, and international cooperation is critical for addressing the long-term environmental threats posed by chemical and radiological contamination in conflict zones. The paper concludes by offering recommendations for improving the resilience of ecosystems and communities to such challenges, with a focus on sustainable recovery and long-term ecological health.

References

1. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyəvi kəşfiyyatda təbiiqi // – Bakı : Hərbi bilik, – 2023. № 2, – p. 23-31.

2. Axundov R.Q., Abıyev Q.A., Nabızadə Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – C. 14-17.

3. Axundov R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərb sənətinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı : MMU. – 2023. – C. 137-138.

4. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan // Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.

RADIOACTIVE AND CHEMICAL POLLUTANTS IN THE MILITARY SECTOR: THE ROLE OF CARBON ADSORBENTS IN THEIR REMOVAL

*A. Talibov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.; E. Hashimov, ScD, prof.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The presence of radioactive and chemical pollutants in military environments poses significant risks to both personnel and the surrounding ecosystem. This study explores the role of carbon-based adsorbents in the removal of these hazardous substances from contaminated sites. Carbon adsorbents, known for their high surface area and strong affinity for a wide range of contaminants, have shown great potential in neutralizing radioactive particles and chemical agents commonly encountered in military operations. The research focuses on the mechanisms by which carbon adsorbents interact with pollutants, including the adsorption processes and the factors that influence their efficiency. Special attention is given to the development of advanced carbon materials, such as activated carbon, carbon nanotubes, and graphene oxide composites, which offer enhanced adsorption capacities. The study also evaluates the practical applications of these materials in military decontamination strategies, discussing the challenges and opportunities of implementing carbon adsorbents in field conditions. The findings suggest that carbon adsorbents could become a key technology in mitigating the environmental and health risks posed by chemical and radiological threats in the military sector.

This thesis emphasizes the specific application of carbon adsorbents in the military context, without repeating prior themes.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // *Journal of Radiation Researches*. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.
2. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyovi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // *Bakı : Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər*. – 2022. – № 3. – C. 8.
3. Akhundov R., Nabizade Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // *Ecological and environmental chemistry*. – 2017. – p. 141-141.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // *Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan*. – 2017. – p. 113-114.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NEW MATERIALS FOR PROTECTION AGAINST RADIOLOGICAL AND CHEMICAL THREATS

*A. Talibov, ScD, prof.; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The development of new materials for protection against radiological and chemical threats is a critical area of research in the field of defense and environmental safety. This study examines the latest advancements in material science aimed at enhancing protective technologies for military personnel and civilians exposed to hazardous substances. The research focuses on the design and optimization of materials that can offer superior resistance to radiation and chemical agents, such as novel composites, nanomaterials, and smart fabrics. It explores the potential of multi-layered protective materials that incorporate self-healing properties, advanced filtration, and enhanced durability, which could provide more effective and longer-lasting defense against such threats. The study also highlights

the role of innovative manufacturing techniques, including 3D printing and nanotechnology, in the creation of custom-tailored protective gear. Through a comparative analysis of existing materials and emerging alternatives, the paper discusses the challenges and opportunities in the development of next-generation protective solutions. The findings suggest that continued research in material science will be essential in ensuring more robust and adaptive protection systems for future defense applications.

This thesis introduces new approaches to material development and protection systems, ensuring no repetition of prior themes.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // Journal of Radiation Researches. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.
2. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // Bakı : Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2022. – № 3. – C. 8.
3. Akhundov R., Nabizade Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // Ecological and environmental chemistry. – 2017. – p. 141-141.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan. – 2017. – p. 113-114.
5. Axundov R., Abdullayev R.S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi // Bakı : Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2023. – №. 1. – C. 9.

USE OF CARBON ADSORBENTS IN THE FILTRATION OF POLLUTANTS AT MILITARY FACILITIES

*E. Mammadov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The application of carbon adsorbents in the filtration of pollutants at military facilities is an essential aspect of environmental protection and operational efficiency. This study investigates the role of carbon-based materials, such as activated carbon and composite adsorbents, in filtering hazardous substances from air, water, and soil in military environments. The research explores the mechanisms by which carbon adsorbents capture and neutralize pollutants, including chemical agents, particulate matter, and radiological contaminants, with a focus on improving filtration efficiency. Various types of adsorbent materials and their performance in different military scenarios are evaluated, considering factors such as durability, reusability, and capacity for rapid deployment in contaminated zones. Additionally, the study examines the integration of these materials into existing filtration systems and their potential to reduce environmental risks in military operations. The findings suggest that the use of carbon adsorbents can significantly enhance the filtration of pollutants, providing a reliable and adaptable solution for maintaining environmental quality and supporting the health and safety of personnel at military facilities.

This thesis focuses on the specific use of carbon adsorbents in filtration systems at military sites, avoiding repetition of prior topics.

References

1. Mustafayev I.I., Akhundov R.G. The formation of carbon adsorbent at the influence of radiation to the carboneus substances //Warsaw, Poland: East European Scientific Journal. – 2019. – №. 12. – C. 52.

3. Akhundov R., Sh D. The use of modified activated coal in sorption of carbon-monoxide // Materials of the international scientific-practical conference "Radiation and chemical safety problems", – Baku. – 2019. – С. 161-162.

APPLIED MATHEMATICAL MODELS FOR BOT ANALYSIS, RISK MITIGATION, AND CYBER DEFENSE

*E. Hashimov, ScD, prof.; A. Hasanov, Ph.D., prof.
National Defense University, Baku, Azerbaijan*

This article presents a comprehensive overview of mathematical modeling approaches applied in the field of information security, with a focus on optimizing defense mechanisms against digital threats, including bot activities and information warfare. Mathematical models play a critical role in ensuring the confidentiality, integrity, and resilience of information systems by identifying vulnerabilities and developing effective protection strategies. The study explores the application of various mathematical tools such as graph theory, Markov chains, decision theory, and machine learning algorithms to model and evaluate bot performance and user interaction patterns.

Particular emphasis is placed on the role of information security in modern conflict, exemplified by the Second Karabakh War and Azerbaijan's counter-information strategies. Models such as Naive Bayes classifiers, t-tests, k-nearest neighbors, and CAPTCHA systems are analyzed for their effectiveness in distinguishing between human and automated activities, enhancing system security through probabilistic and pattern recognition methods.

The integration of multiple modeling techniques allows for a more robust approach to threat detection and system defense. While existing models yield promising results, the article emphasizes the need for continued research into more adaptive and efficient mathematical methods to ensure proactive and resilient information security systems.

References

1. David W. Aha, Dennis Kibler, and Marc K. Albert. 1991. Instance-based learning algorithms. *Mach. Learn.* 6, 1 (1991), 37-66.
2. Darko Brodic, Alessia Amelio. *The CAPTCHA : perspectives and challenges in artificial intelligence*, 2019, 128, 123 p.
3. Padraig C., Sarah J.D. k-Nearest Neighbour Classifiers. *ACM Computing Surveys*, Volume 54, Issue 6, Article No.: 128, Pages 1-25, 2021.
4. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Gasanov, A.Q. *Mathematical modeling of military systems*. Textbook. – Baku: Military publishing house, – 2018. – 266 p.
5. Piriye H.K. et al. *Modelling of the battle operations* // Monograph. Baku: Military publishing house. – 2016. – 256 p.
6. Nasibov Y.A. et al. *Modelling of the rationally deployment of observing systems* // *Сучасні інформаційні системи*. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.
7. Piriye H.K. et al. *Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions* // *Military knowledge*, 2014, No. 4, p. 3-9.
8. Agayev S.O. et al. *Modern pedagogical technologies in military education*. Textbook. Part I. // – Baku: Military Publishing House, 2016, 152 p.
9. Piriye H.K., Hashimov, E.G. *The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects* // – Baku: Proceedings of Heydar Aliyev Military Institute, – 2023. No. 1 (40). – p. 7-16.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ДО ОБ'ЄКТІВ ПЕРСПЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ КІБЕРОБОРОНИ УКРАЇНИ

*П.М. Сніцаренко, д.т.н., с.н.с.; Ю.О. Саричев, к.т.н., с.н.с.;
І.М. Мазуренко, д.філос.; В.В. Грицюк, д.філос.
Національний університет оборони України*

Аналіз свідчить, що сутність існуючої системи кібероборони України, зокрема її об'єктів, (згідно з чинним національним законодавством), не в повній мірі відповідає сучасним вимогам.

Відповідно до Закону України “Про основні засади забезпечення кібербезпеки України” кібероборона, зокрема, є складовою забезпечення кібербезпеки держави. Тому об'єктами кібероборони цілком природньо мають бути ті ж самі об'єкти кібербезпеки, а саме:

- 1) конституційні права і свободи людини і громадянина;
- 2) суспільство, сталий розвиток інформаційного суспільства та цифрового комунікативного середовища;
- 3) держава, її конституційний лад, суверенітет, територіальна цілісність і недоторканність;
- 4) національні інтереси в усіх сферах життєдіяльності особи, суспільства та держави;
- 5) об'єкти критичної інфраструктури.

На перший погляд, ніби все чітко і зрозуміло, але, між тим, надзвичайно мало конкретики для розуміння практичних дій.

По-перше, перших чотири позиції є об'єктами конституційного рівня значимості, отже вони мають загальний, декларативний характер. Тому неочевидно, що ці положення означають конкретно у контексті кібербезпеки, в тому числі кібероборони. По-друге, незрозумілим є і п'ятий пункт – “об'єкти критичної інфраструктури” з причини, що Закон України “Про критичну інфраструктуру” визначає, що “критична інфраструктура – сукупність об'єктів критичної інфраструктури”. Це визначення неможливо зрозуміти із-за його тавтологічності та нерозкриття сутності заявленого предмету. Тому і п'ятий пункт є сумнівним з точки зору його змістовності.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ІСНУЮЧОЇ СТРУКТУРНОЇ МОДЕЛІ КІБЕРОБОРОНИ УКРАЇНИ

*П.М. Сніцаренко, д.т.н., с.н.с.; Ю.О. Саричев, к.т.н., с.н.с.;
В.П. Зубков; Ю.А. Піщанський
Національний університет оборони України*

Загальний аналіз показує, що сутність та рівень дієздатності моделі кібероборони України, яка існує згідно із чинним національним законодавством, не в повній мірі відповідає сучасним вимогам. Тому зосередимо увагу на розгляді логіко-описового варіанту моделі кібероборони держави, зважаючи на формально-логічну сутність положень законодавства України. Існує ряд принципових особливостей, які перешкоджають гармонійній та однозначній її реалізації на практиці.

Окреслимо ряд проблемних питань, які потребують відповіді для здійснення адекватних практичних заходів як на рівні держави, так і локальному рівні.

1. В існуючій моделі нелогічним є дублювання функції координації у спільному виконанні завдань кібероборони з боку суб'єктів, задіяних у цей процес. У виконанні цієї функції чинне законодавство повноваження державних органів не розділяє, відповідного установленого порядку дій не визначає.

2. Має місце законодавча колізія у положенні щодо взаємодії інших державних органів та органів місцевого самоврядування, що здійснюють свої функції у спільному виконанні завдань кібероборони з органами, які входять до складу сектору безпеки і оборони. Іншими словами, потребує уточнення хто, з ким, за яких умов, на якій підставі, в якому обсязі та протягом якого часу має взаємодіяти в інтересах виконання завдань кібероборони.

3. Принциповий проблемний характер мають питання термінологічного блоку щодо кібероборони як мовної, понятійної основи цієї нової предметної галузі діяльності, без чого неможливо розвивати ні її теоретичні основи, ні розумітися на змістовності практичних заходів.

ОЦІНЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ РАДІОСИГНАЛІВ ПРИ ВЕДЕННІ РАДІОМОНІТОРИНГУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА

М.В. Бугайов, к.т.н., ст.д.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Для покращення енергетичної доступності при веденні радіомоніторингу (РМ) доцільно використовувати безпілотні літальні апарати (БпЛА). Особливістю такого рішення є мінливість рівня потужності прийнятого сигналу через ефект дрібномасштабних завмирань, що виникає за рахунок багатопроменевого поширення та постійного переміщення засобу РМ відносно джерела радіовипромінювання. Тому за час, що виділяється для аналізу сигналу, середовище (умови поширення радіохвиль) не повинно сильно змінитися в плані дрібномасштабних завмирань, щоб не вносилися спотворення у виміряне значення потужності прийнятого сигналу. В такому разі за час аналізу діапазону частот БпЛА повинен переміститися на відстань, що значно менше половини довжини хвилі. Це важливо при реалізації амплітудного методу пеленгування. Проте розраховане таким чином значення часу аналізу не забезпечить стійкості оцінок значень рівня прийнятого сигналу. При послідовному скануванні смуги частот аналізу кожного разу при аналізі деякого діапазону антена засобу РМ на БпЛА може знаходитися як в мінімумі так і в максимумі електромагнітного поля, що пов'язано з дрібномасштабними завмираннями. Усереднення потужності прийнятого сигналу приблизно за 10 періодами завмирань, спричинених багатопроменим поширенням, дозволить отримати значення рівня прийнятого сигналу, що буде наближено відображати втрати сигналу на поширення та затінення. Різкі високочастотні (швидкі) коливання рівня втрат сигналу є неінформативними для вирішення завдання локалізації джерел радіовипромінювання і їх необхідно згладити, щоб отримати криву втрат, яка описує вплив ефектів на поширення та затінення.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

*Г.В. Мильников, к.військ.н., доц.; О.О. Майстров, к.т.н., доц.;
Ю.М. Коломієць, д.філос.; Є.О. Смиченко
Національний університет оборони України*

В умовах російсько-української війни радіоелектронна техніка (РЕТ) відіграє ключову роль у забезпеченні зв'язку, радіорозвідки, навігації, управління військами та вогневого ураження. Однак експлуатація та ремонт цієї техніки стикаються з низкою проблем, які потребують вирішення.

Через інтенсивність експлуатації в бойових умовах, а також постійний вплив ворожих засобів РЕБ, техніка швидко виходить з ладу. Деякі зразки, особливо радянського виробництва мають значний знос, що ускладнює їх ремонт та підтримання в боєздатному стані.

Також, однією з проблем експлуатації та ремонту РЕТ є дефіцит комплектуючих та запасних частин, імпорт західних компонентів інколи затримується через бюрократичні процедури, а адаптація нових деталей до наявних систем потребує додаткових зусиль та часу.

Збройні Сили України отримують значну кількість сучасної техніки від західних партнерів, однак її інтеграція у наявні системи зв'язку та управління потребує адаптації. Часто виникають труднощі з логістикою, навчанням персоналу та ремонтом у польових умовах через відсутність необхідної інфраструктури. У прифронтових зонах ремонтні потужності постійно піддаються впливу обстрілів, що змушує переносити їх у глибокий тил, що збільшує час та вартість ремонту.

У доповіді показано, що успішне вирішення проблем експлуатації та ремонту РЕТ в умовах війни вимагає комплексного підходу: розширення виробництва та локалізації комплектуючих, покращення логістики, підготовки фахівців та підвищення стійкості техніки до впливу ворожих РЕБ.

ОЦІНЮВАННЯ ДОСТАТНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНІКИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ ТА БЕЗПЛОТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЩОДО НАЗЕМНОГО ОБ'ЄКТА

*Д.А. Іщенко, к.т.н., доц.; В.В. Стрінада, к.т.н., доц.; Л.М. Маришук
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Стійке зростання значущості переваги в протидії сил і засобів безпілотних систем та радіоелектронної боротьби (РЕБ) для досягнення мети бойових дій (операції) військ (сил) вимагає вдосконалення теорії та практики спеціальної тактики підрозділів щодо їх бойової ефективності.

Запропоновано бойову ефективність підрозділів, як ступінь реалізації (або її ймовірності) бойових можливостей, визначати для безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) за ураженням військового об'єкта (впливом на нього), а підрозділів РЕБ, навпаки, за зменшенням (недопущенням) такого ступеня реалізації (ймовірності).

Комплекси (зразки) техніки підрозділів (частин) БпАК і РЕБ розглядаються як радіоелектронні об'єкти (засоби), що мають певні технічні

характеристики, які визначають показники бойових можливостей (зони ураження та прикриття). Ступінь їх досягнення залежить від визначення й реалізації варіанта взаємного протиборочого застосування, раціонального в конкретних умовах тактичної та радіоелектронної обстановки.

Надано послідовність розрахунку таких зон відносно єдиного наземного об'єкта, порядок визначення ступеня реалізації потрібних значень можливостей щодо ударів БпЛА та прикриття зразком техніки РЕБ шляхом порівняння потужностей прийнятих БпЛА сигналів управління й перешкоди з урахуванням обов'язкового для такого "епізоду РЕБ" коефіцієнта перевищення (достатності для управління або подавлення).

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЙ У КІБЕРПРОСТОРИ

*Ю.І. Міхєєв, к.т.н., ст.д.; В.О. Кацалап, к.військ.н., доц.
Національний університет оборони України*

Україна попри збройну агресію і нині знаходиться під впливом дій, які поширюються російськими угрупованнями через кіберпростір. Так, за допомогою злочинної кібердіяльності ворог намагається порушити роботу об'єктів критичної інфраструктури держави, здійснити вплив на процеси обміну даними між користувачами та набутти нових спроможностей з активних дій у кіберпросторі.

Одним з можливих шляхів протидії таким діям є планування та проведення власних дій (операцій) у кіберпросторі, які можуть проводитись у рамках інформаційних операцій Збройних Сил України. Планування таких дій насамперед вимагає раціонального розподілу наявних людських, технічних ресурсів та врахування особливостей поширення інформації у кіберпросторі. Корегування подальших дій у кіберпросторі має здійснюватися шляхом оцінювання отриманих результатів.

У доповіді наведено підхід щодо оцінювання ефективності дій у кіберпросторі. Запропонований підхід передбачає розроблення показників та критеріїв, які використовуються для оцінювання ефектів за результатами проведених дій у кіберпросторі. Такі показники розробляються на початку планування заходів у кіберпросторі та мають враховувати можливість оцінювання: характеристик об'єктів на які спрямований вплив у кіберпросторі; початкового та кінцевого стану об'єктів на які спрямований вплив у кіберпросторі; своєчасності досягнення ефектів відповідно до зазначеної мети.

Передбачається, що використання на практиці розробленого підходу дозволить вчасно скорегувати заплановані дії у кіберпросторі та у цілому підвищити ефективність інформаційних операцій Збройних Сил України.

МЕТОДИКА ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ ПЕРІОДИЧНОЇ КОВЗНОЇ ЗА ЧАСТОТОЮ РАДІОПЕРЕШКОДИ

*О.А. Нагорнюк, к.т.н.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Більшість сучасних засобів радіоподавлення ближньої дії будуються на основі загальнодоступних комерційних модулів формування радіоперешкод, випромінювання яких є синусоїдальним коливанням з частотою, що змінюється періодично за лінійним законом в межах заданої смуги

подавлення. Такі радіовипромінювання відносять до періодичних ковзних за частотою радіоперешкод (ПКЧРП), а їх потужність має нерівномірний розподіл в частотній області. Вказані радіоперешкоди мають два параметри, які визначають їх часові та частотні характеристики: ширина робочого діапазону частот та період повторення.

В доповіді показано, що коефіцієнт подавлення при використанні ПКЧРП є періодичною функцією від частоти. Він залежить від робочої частоти і ширини смуги пропускання приймача радіоканалу та періоду і ширини амплітудно-частотного спектра (АЧС) ПКЧРП. Залежно від обраних параметрів ПКЧРП значення коефіцієнта подавлення може відрізнятись на величину більше 40 дБ.

Запропоновано методику обґрунтованого вибору ширини АЧС та періоду повторення ПКЧРП з метою забезпечення максимального її впливу на радіоканал із відомими частотними параметрами відповідно до заданих показників критерію ефективності радіоподавлення.

Наводяться результати дослідження ефективності подавлення радіоканалу LoRa, отримані в процесі комп'ютерного моделювання в програмному середовищі MATLAB, при використанні ПКЧРП, параметри яких обрані відповідно до розробленої методики.

НЕОБХІДНІСТЬ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ПЕРЕШКОД

В.В. Чієра

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

З початку повномасштабного вторгнення рф в Україну суттєво зросло використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) FPV-БпЛА, БпЛА зі скидами. Також зростає і кількість засобів та методів протидії БпЛА. Основними способами протидії безпілотним системам наразі є радіоподавлення їх радіоканалів управління та передачі цільової інформації, а також їх вогневе ураження.

Однак враховуючи особливості використання цього виду озброєння, наведення якого на ціль здійснюється з використанням телевізійних та інфрачервоних засобів, а також поява нових типів БпЛА з лініями управління та передачі відеозображення на основі оптоволоконних кабелів і використання в них алгоритмів автоматичного наведення на ціль за зображенням із бортової відеокамери ("машинний зір") потребує розроблення нових засобів, які створюють оптичні перешкоди їх бортовим камерам.

До основних способів впливу оптичних перешкод на телевізійні та інфрачервоні засоби роботизованих систем можна віднести:

пошкодження – використання потужних лазерних променів для виведення з ладу оптичних сенсорів;

засліплення – використання лазерних променів для тимчасового виведення з ладу оптичних сенсорів.

До переваг систем створення перешкод телевізійним та інфрачервоним засобам відносять:

можливість використання для захисту стаціонарних та рухомих об'єктів;

висока точність наведення, що дозволяє мінімізувати побічні ефекти на інші системи та об'єкти;

можливість інтеграції з іншими складовими системами боротьби з безпілотними системами для створення комплексних рішень.

Ці переваги роблять лазерні системи створення перешкод важливим елементом сучасних технологій захисту від спостереження, наведення та застосування роботизованих систем.

Таким чином, актуальним завданням є удосконалення існуючих лазерних засобів (систем) створення завад телевізійним та інфрачервоним засобам безпілотних систем.

КІБЕРБЕЗПЕКА – СКЛАДОВА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ДЕРЖАВИ

В.В. Пастухов

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Ми живемо в епоху інформаційного суспільства, коли інформаційні технології та телекомунікаційні системи охоплюють усі сфери життєдіяльності людини, держави. Кіберзброя представляє собою широкий спектр технічних і програмних інструментів, які найчастіше спрямовані саме на використання вразливих місць у системах передачі даних. Тому кібербезпека – одна з основних проблем, що викликає занепокоєння. І чим швидше людство розвиває інформаційні технології, тим більшою є потреба в захисті інформаційно-телекомунікаційних систем. Оскільки критичні вразливості в програмному забезпеченні та автоматизованих системах викликають небезпідставні побоювання, то не дивно, що уряди та суспільство в усьому світі шукають кращих заходів і методів для захисту особистих даних Інтернет-ресурсів від кіберзагроз. Однак завдання кібербезпеки непросте і його доведеться вирішувати ще протягом тривалого часу. Оскільки розвиток інформаційних технологій обумовлює появу нових видів кібератак, відповідно, однією з основних складових національної безпеки держави стає забезпечення інформаційної безпеки. В Україні почалася активна робота в цьому напрямі і для реалізації завдань інформаційної безпеки необхідно застосовувати не лише інфраструктуру, стійку до кібератак (квантові комп'ютери можуть стати одним із компонентів вирішення цього завдання), а й забезпечувати цифровий суверенітет – розвивати українське програмне та апаратне забезпечення. Тому своєчасне планування й реалізація заходів забезпечення кібербезпеки та інформаційного протидіювання на глобальному й регіональному рівнях стає одним із пріоритетних завдань держави.

МОДЕЛІ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З БОРТОВИМИ РАДІОЛОКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ ПРОТИВНИКА

Л.В. Білотордова

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Сучасні засоби повітряного нападу противника побудовані на принципах широкого резервування джерел інформації для систем навігації та управління. Фахівцями Інституту проводиться широкий клас досліджень уламків засобів повітряного нападу з метою визначення характеристик їх підсистем. Головною метою зазначених досліджень є вироблення пропозицій щодо зниження ефективності застосування противником засобів повітряного нападу (ЗПН) за рахунок протидії штатному функціонуванню.

У доповіді представлені результати проведеної роботи з удосконалення моделей РЕБ з:

багатоканальними та багатостанційними системами передачі інформації із TDM(A)-QPSK, DS-CDM(A)-QPSK, CP-MFSK-CDM(A)-QPSK, OFDM(A)-QPSK;

приймальною апаратурою супутникових радіонавігаційних систем крилатих та аеробалістичних ракет, приймальною апаратурою CRPA-антен супутникових радіонавігаційних систем крилатих ракет та БпЛА-камікадзе;

радіовисотомірами крилатих ракет;

радіолокаційними головками самонаведення крилатих та аеробалістичних ракет;

бортовими радіолокаційними станціями літаків тактичної авіації.

Для перевірки адекватності удосконалених моделей та достовірності обчислених за допомогою них показників було проведено дослідження шляхом організації програмних експериментів.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНАЛІЗУ СТАНУ ТА ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ ПКС ЗС російської федерації

Н.О. Хімчик¹; Т.О. Матвієнко²

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Військова частина А2667

Ефективність управління підрозділами оперативно-тактичної авіації (ОТА) значною мірою залежить від якості інформаційного забезпечення процесу аналізу їхнього стану та діяльності. В умовах активних бойових дій зростає необхідність оперативного збору, обробки та аналізу даних щодо повітряної обстановки та рівня боеготовності підрозділів противника.

Інформаційне забезпечення командного пункту базується на застосуванні систем розвідки, спостереження та автоматизованих комплексів управління військами. Основними джерелами інформації є дані космічної та радіотехнічної розвідки, а також дані радіолокаційного моніторингу. Обробка отриманої інформації здійснюється з використанням алгоритмів аналізу великого об'єму даних, що дозволяє забезпечити високу точність і швидкість прийняття управлінських рішень.

Процес аналізу стану та діяльності ОТА включає кілька ключових етапів. На першому етапі здійснюється збір і первинна обробка інформації. Далі відбувається інтеграція отриманих даних у єдину інформаційну систему, що дозволяє здійснювати порівняльний аналіз та прогнозування дій противника. Наступним етапом є виявлення закономірностей у бойовій діяльності ОТА противника та оцінка рівня її боеготовності.

Таким чином, удосконалення інформаційного забезпечення процесу аналізу стану та діяльності ОТА противника є важливим напрямом розвитку системи управління військами. Інтеграція сучасних технологій обробки даних, автоматизація процесів аналізу та прогнозування бойової активності сприятиме підвищенню ефективності командного пункту та забезпеченню переваги в інформаційно-аналітичному протистоянні.

КІБЕРАТАКИ НА ВІЙСЬКОВУ АВІАЦІЙНУ ІНФРАСТРУКТУРУ: СЦЕНАРІЇ ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ

*І.Ю. Маковський; Д.С. Костерев; Р.І. Гладич
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

У сучасних військових конфліктах кіберзагрози стають однією з ключових небезпек для авіаційної інфраструктури. Авіаційні системи управління, навігації, зв'язку та бойового застосування дедалі частіше стають об'єктами атак з боку ворожих кіберпідрозділів. Це створює серйозні ризики для Повітряних Сил Збройних Сил України, оскільки успішна кібератака може вивести з ладу бойові літаки, БПЛА, системи управління та логістики.

Основні сценарії атак включають: втручання у навігаційні системи літаків (спуфінг GPS), перехоплення або модифікацію даних управління БПЛА, саботаж технічного обслуговування через злом логістичних платформ, порушення зв'язку та командування, а також застосування методів соціальної інженерії для отримання критично важливої інформації. Такі атаки можуть мати катастрофічні наслідки, зокрема втрату контролю над бойовою технікою та дезорганізацію дій Повітряних Сил.

Захист авіаційної інфраструктури від кібератак потребує комплексного підходу. Серед ключових заходів: впровадження сучасних алгоритмів шифрування та автентифікації, моніторинг аномальної активності за допомогою штучного інтелекту, кіберрозвідка для виявлення загроз на ранніх стадіях, а також інтеграція кібербезпеки з системами радіоелектронної боротьби. Важливим напрямком є міжнародна співпраця та обмін досвідом у сфері кібероборони.

Таким чином, кіберзагрози для авіаційної інфраструктури вимагають постійного вдосконалення засобів захисту. Розвиток нових технологій та ефективна організація кібероборони забезпечать надійний захист Повітряних Сил від сучасних викликів кіберпростору.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

А.О. Тлустий

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

У наукових дослідженнях та інженерних проектах псевдовипадкові числа застосовуються для моделювання складних систем і симуляції випадкових процесів, тому важливо перевірити, наскільки добре вони відтворюють реальні випадкові явища.

Методи аналізу випадковості допомагають оцінити “якість” існуючих послідовностей і виявити їхні можливі недоліки.

Існуючі методи оцінки статистичних властивостей випадкових (псевдовипадкових) послідовностей на практиці реалізовано у вигляді тестів.

Статистичні тести застосовуються для оцінки влади псевдовипадкових чисел. До найпоширеніших методів належать тест Колмогорова-Смірнова та інші.

Основні методи оцінки якості генераторів псевдовипадкових чисел включають: тест Колмогорова-Смірнова (здатний перевірити рівномірність розподілу чисел у заданому інтервалі); тест-серія (Мілора) (для перевірки наявності закономірності або аномалії в системі); тест хі-квадрат (перевірка та визначення розподілу якому відповідає отримана чисельна послідовність); тест довжин серії (Вальда-Вольфовіца) (дозволяє оцінити відповідність списку рівномірному розподілу); тест на дисперсію (для порівняння фактичної дисперсії чисел із очікуваними значеннями).

Застосування таких тестів дозволяє визначити та оцінити відхилення (відмінності) псевдовипадкових послідовностей від випадкових, а отже і оцінити генератори таких послідовностей.

СЕКЦІЯ 15

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Керівники секції: д.філос. полковник Олексенко О.О.;
д.т.н. проф. пр. ЗС України Карлов В.Д.
Секретар секції: пр. ЗС України Тугай А.В.

RADIO ENGINEERING SYSTEMS FOR DETECTING SMALL-SIZED TARGETS OVER WATER SURFACES AND FOREST AREAS

O. Oleksenko¹, Ph.D.; O. Biesova², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

One of the modern challenges in detecting small-sized targets (SSTs) remains their low radar visibility ($\sigma \leq 0.1 \text{ m}^2$) and the ability to fly at extremely low altitudes (up to 50 m) with significantly varying speeds (5–100 m/s). This leads to a decrease in the effectiveness of existing air defense systems. For this reason, SSTs are widely used to support combat operations in forested areas and over water surfaces. To detect SSTs, radar stations (RS) operating in the decimeter or centimeter wavelength range are commonly used. The probing signals of these radars propagate linearly, have limited ability to bend around obstacles, scatter in the propagation space, and experience multiple reflections from forest objects and water surfaces. As a result, in such conditions, multipath propagation of radio waves occurs. This propagation mechanism leads to the presence of non-stationary active interference (NAI), whose source is located beyond the radar horizon (RH), and the reflected signal fluctuates. NAIs can be considered as a combination of multiple narrowband and broadband interference. The correlation between NAI realizations and reflected signals along the range is low. Therefore, to increase the detection range of targets under these conditions, the requirements for radar probing signals (PS) increase in terms of energy potential, stealth, informativeness, and interference immunity. The use of traditional PS (linear frequency modulation – LFM, phase-coded modulation – PCM) in target detection is limited: increasing the duration of PS leads to slow fading; increasing the signal bandwidth distorts the fine (phase) structure of PS; and increasing the probing signal base reduces the energy potential of the radar. The report states that by analyzing methods for averaging (smoothing) fluctuations of reflected signals (both passive and active) to improve SST detection range, a more effective approach is to combine active frequency (temporal) and passive incoherent temporal smoothing using multifrequency signals (MFS). The underlying hypothesis is that MFS can be represented as a sum of several simultaneously existing coherent PSs separated by frequency. The frequency components of MFS can include both low-base (simple) and high-base (complex) multifrequency LFM and multifrequency PCM signals. Combining different fluctuation smoothing methods allows the detection characteristics of fluctuating targets to approach those of non-fluctuating targets. However, some peculiarities arise when determining the range to SSTs.

SOME ISSUES REGARDING THE USE OF UAVS IN MODERN COMBAT CONDITIONS BASED ON THE EXPERIENCE OF RUSSIA'S LARGE-SCALE AGGRESSION AGAINST UKRAINE

O. Oleksenko¹, Ph.D.; I. Leonov², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; S. Leushin²

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern unmanned aerial vehicles (UAVs) are capable of conducting aerial-, video-, photo-, radio-, and thermal reconnaissance, adjusting fire for weapon systems, striking military or civilian targets, and transporting cargo. This transforms UAVs into a unique type of weaponry, capable of executing precision-targeted destruction of infrastructure, military equipment, and enemy personnel both on the battlefield and in rear areas, as well as supporting sabotage missions. Combat experience demonstrates that effective counteraction to UAVs requires knowledge of their main combat applications on the battlefield. A closer look at the battlefield tactics of UAVs, which are increasingly widespread, reveals that up to 70% of their sorties are dedicated to aerial reconnaissance, primarily aimed at detecting enemy troop and equipment positions. During aerial reconnaissance of roads, UAVs never fly directly over them. Instead, they conduct one pass slightly to the left and another slightly to the right of the road. The flight trajectory may follow an "oval" pattern or a "zigzag" (snake-like) pattern. When reconnoitering enemy positions, UAVs always move along and across the positions or use a "zigzag" or "figure-eight" flight pattern. For aerial photography of enemy positions, UAV flight paths are typically complex. The UAV speed is selected to ensure photo frames overlap, guaranteeing at least one clear image per location. UAVs approach targets directly (in a straight line) relative to the guidance base but execute turns at a distance from the target. If weather conditions permit, UAVs participating in electronic warfare, ensuring radio communication, and adjusting artillery fire follow "circle," "oval," or "figure-eight" flight trajectories at maximum altitudes. If this is not possible, UAVs descend and approach targets using a "daisy" flight pattern, where each subsequent approach is made from a different angle than the previous one. Battlefield UAVs operate at different times of the day, as the presence of shadows significantly affects the quality of video and photo reconnaissance. Shadows add a three-dimensional perspective to images, aiding in determining the real size of objects. Some targets can only be identified based on their shadows at certain times of the day.

METHODS FOR SELECTING FIXED PARAMETERS OF ALGORITHMS FOR THE FUNCTIONING OF RADAR RADIO TRACKING SYSTEMS

V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

*A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Katkov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern technologies in the aircraft industry have made it possible to create a whole new cluster of aircraft, both unmanned and controlled by a human pilot. Modern unmanned aerial vehicles and cruise missiles are in service with all leading countries of the world, and due to their maneuverability and stealth technologies,

they are complex air objects for radar detection and tracking. When tracking modern maneuvering air objects by a multi-channel radar of several air objects in the time distribution mode, the accuracy is significantly impaired and the probability of tracking failure increases.

Tracking of air objects in a multi-channel radar is provided by radio tracking systems (RTS) in terms of range, angular coordinates and radial velocity, in most cases, without adaptation to the characteristics of external influences. Thus, in the area of intensive maneuver, there is a significant decrease in the accuracy and stability of the escort relative to the area of lack of maneuvering, which can be quite long. A significant increase in the dynamic component of the aircraft tracking error in the maneuvering area can lead to the disruption of auto-tracking. It is possible to improve the stability of RTS radar tracking using adaptive algorithms, or try to adjust the parameters of the RTS operating algorithm with fixed parameters accordingly. A method for determining fixed parameters of algorithms that provide maximum stability is proposed, and the results of solving the problem for the algorithm for tracking an air object by range and angular coordinates are given.

SELECTION OF PROBING SIGNAL FREQUENCY BAND FOR ENSURING THE MAXIMUM LEVEL OF SECONDARY RADIATION OF TACTICAL UNMANNED AERIAL VEHICLES

*O. Dzhora; G. Zalevsky, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;
V. Tarshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor;
M. Kandyrin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The issues of matching the frequency band of the probing signal with a tactical unmanned aerial vehicle (UAV) are considered in the report. Proposed method is based on the using mathematical simulation of the secondary radiation characteristics of such objects. As a criterion for selecting the frequency band, the energy of the reflected signal averaged over possible prospective aspect angles (in the azimuthal and elevation planes) was used as a function of the central frequency and bandwidth of the probing signal spectrum.

For a detailed analysis of the characteristics of secondary radiation, a generalized digital model of tactical UAV structural components surfaces was used.

For the numerical analysis of the electromagnetic responses of a tactical UAV for various conditions of radar probing in the L and S frequency bands, electrodynamic methods based on solving magnetic field integral equation (in the case of metallic structural elements), and Muller integral equation system (dielectric components), were used.

The results of the calculation and analysis of the energy frequency characteristics of a tactical UAV in the frequency band of 1...3 GHz are presented, which allowed us to determine a number of frequency intervals in which the maximum energy of the signals reflected by the considered UAV is ensured. The results obtained can be used to develop practical recommendations at the stage of developing of advanced radars for detecting low-altitude, low-visibility targets.

USE OF AN INTERFERENCE PROTECTED RADIO LINE DATA TRANSMISSIONS IN REMOTE WEAPON CONTROL SYSTEMS

*I. Leonov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Prysyzhnyi, Candidate of Technical Sciences;
O. Barkhatov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Systems of remote control of weapons in the conditions of real combat quite often lose the integrity of the control channel under the influence of firearms and mechanical factors. This is because the control mainly uses a wired communication channel, which has a long length and a high probability of damage. One of the ways to improve the reliability of the communication link is to switch to control over the radio channel. But in this case, it is necessary to solve the issue of immunity of the data transmission radio line from active interference of radio electronic warfare stations and single-action jammers.

The report shows the possibilities of data transmission between transmitting and receiving serial input-output modules of the USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) using an interference-protected radio line using multi-frequency signals, as well as the use of special methods of joint processing of signals with different carrier frequencies, the possibility of redistributing the radiated energy between different frequency channels.

Recommendations for the rational selection of multifrequency signal parameters using methods and devices for autocorrelation and intercorrelation processing of coherent multifrequency signals in the spectral domain to reduce the influence of interference and increase the immunity of the data transmission line are proposed.

A SAMPLE OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT AS AN OBJECT OF TESTING GROUND TESTS

*M. Barkhudaryan, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The testing ground tests of sample weapons and military equipment (WME) must provide an assessment of its tactical and technical characteristics (TTC) in full and with the necessary reliability in accordance with the tactical and technical requirements (TTR) and bring these characteristics up to the specified requirements.

For a systematic study of WME sample as an object of ground testing tests, it is advisable, using the selected classification principles, to present a model of a military equipment sample in the form of a typical hierarchical structure, built according to the characteristics of technical purpose of its component parts and consisting of five classification levels.

It is proposed to include the entire system with a WME sample to first level, to consider the main structural elements the sample of WME – to second level, and the groups of equipment, systems, apparatus, means and elements, included in the main structural elements – to the third level. The fourth level should include devices and equipment that are part of the equipment groups and systems of the third level. The fifth level will consist of component elements. Other elements of third level the WME classification structure will have similar hierarchical levels.

Taking into account the diversity of WME, the proposed typical structure of WME may change in specific composition of elements, but it is advisable to keep the principle of its typical construction according to five classification levels unchanged.

The quality criterion of WME can be taken as degree the compliance of estimated TTC with the specified TTR, taking into account the necessary indicators of completeness and reliability of their definition and assessment.

FEATURES OF SECONDARY PROCESSING OF RADIO LOCATION INFORMATION IN THE CONDITIONS OF THE INFLUENCE OF THE RADIO WAVES PROPAGATION ENVIRONMENT

*V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
O. Kuznetsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The influence of the medium of propagation of radio waves is the cause of the violation of the coherence of the radar signal. This causes the possibility of a significant deterioration in the quality of radar information processing. With regard to primary processing, a decrease in the coherence of the signal received by the radar leads to a corresponding decrease in the accuracy of measuring the coordinates and parameters of the movement of radar surveillance objects. This definitely affects the quality of secondary processing of radar information.

The effect of fluctuations of the phase front of the radio-location signal wave on the performance quality indicators of some secondary processing operations is considered. In particular, the accuracy of such operations as gating, filtering of trajectory parameters and detection of the trajectory of aerial objects is analyzed.

It has been established that the fluctuating components of errors in the measurement of angular coordinates and radial velocity of an air object are the reason for the increase in the steps of follow-up measurement in the process of filtering the parameters of its trajectory. In addition, this influence leads to an expansion of the strobe and a decrease in the quality indicators of the detection of the trajectory of the radar surveillance object.

This reduces the stability of tracking an aerial object and requires taking measures to take into account the fluctuations of the phase front of the radar signal during its processing.

POLARIZATION METHOD FOR MEASURING PHASE COORDINATES OF A WATER SURFACE FACET

*O. Kopylov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
O. Biesova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To solve various problems, such as reconstructing images of underwater objects observed through a wavy water surface, it is necessary to have information about the instantaneous position of the normal vector to each facet of the water surface. This position is uniquely determined by the phase coordinates of the facet (PCF) on the visualized phase plane. These coordinates are the polar coordinates (ρ and α) of the vector, which is the projection of the unit normal vector to the wavy water surface facet onto a plane perpendicular to the direction of light reflection. It is proposed to

use unpolarized solar radiation scattered by clouds, with intensity I , to determine the visualized PCF. Any electromagnetic field vector of light can be decomposed into components parallel and perpendicular to the instantaneous plane of incidence, each of which is reflected with the corresponding Fresnel reflection coefficients $K_{\perp}(\rho)$ and $K_{\parallel}(\rho)$. If an optoelectronic system with high spatial and temporal resolution is used to receive the signal from the water surface in two channels, x and y , with orthogonal polarization, then, according to Malus' law, the signal in these channels can be expressed as the sum of two components:

$$\begin{cases} I_x = I \cdot K_{\perp}(\rho) \cdot \cos^2 \alpha + I \cdot K_{\parallel}(\rho) \cdot \sin^2 \alpha \\ I_y = I \cdot K_{\perp}(\rho) \cdot \sin^2 \alpha + I \cdot K_{\parallel}(\rho) \cdot \cos^2 \alpha \end{cases}, \text{ where } \alpha \text{ is the angle between the}$$

reflection plane and the x -axis of the polarizer. For reflection angles greater than 30 degrees, there exists a unique relationship between the total reflection coefficient $K_{\Sigma} = (I_x + I_y) / I$ and the polar coordinate ρ , which is an inverse function of $K_{\Sigma}(\rho)$. By subsequently finding $K_{\perp}(\rho)$ and $K_{\parallel}(\rho)$, the system of equations can be solved [1]: $\alpha = 0,5 \arccos(I_x - I_y) / I \cdot (K_{\perp}(\rho) - K_{\parallel}(\rho))$. The proposed method is simpler than computing PCF using stereoscopic imaging.

SOME ISSUES OF DETECTION AND DESTRUCTION OF SMALL TARGETS AT LOW ALTITUDE (UAV) BASED ON THE EXPERIENCE OF THE LARGE-SCALE russian AGGRESSION AGAINST UKRAINE

*I. Leonov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Korzhov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Leushyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Any counteraction to UAVs begins with their modern detection. For example, it is dangerous to shoot down a strike UAV or a kamikaze drone in pursuit or over a protected object. Therefore, if the UAV is not detected in time on the approach to the protected object, the importance and possibility of its destruction decreases. Active radar detection and radio reconnaissance (passive radio detection) have advantages over other detection methods, which are possible at any time of day, season, meteorological conditions and "radio silence" of the UAV and provide the necessary information for any destruction system. That is why active and passive radio methods of detecting UAVs at the required range are of greater relevance. The main factors that complicate countering UAVs are:

- low radio, radar, acoustic, temperature, and visual visibility;
- small geometric dimensions (information signature);
- large range of altitudes and flight speeds;
- the ability to fly along curved trajectories and with a heavy load;
- the ability of UAVs to operate in groups (clusters);
- availability of electronic and fire suppression of air defense systems in UAVs;
- the presence of external natural and artificial intense combined active and passive interference.

The saturation of UAVs of the armed forces of the leading states indicates the urgent need to create anti-drone defense.

The main methods used at the present stage of russia's large-scale aggression against Ukraine:

- acoustic jamming methods (impact on the UAV gyroscope), which changes the flight path;
- optical countermeasures impair the effectiveness of optical reconnaissance devices, heat or destroy the UAV body;
- electromagnetic (radio - pulse) methods of suppression lead to loss of efficiency or damage to the UAV's radio - electronic equipment:
 - creation of subtle networks of physical interference (nets) that are placed in space in a given area and limit UAV flights at low altitudes;
 - methods of electronic interception of UAV control (hacking), which allows to change the UAV flight mission.

METHODS OF FORMING MULTI-FREQUENCY PHASED ARRAY ANTENNA (PAA) SPACE-TIME PULSES (STP) OF A GIVEN SHAPE

*L. Kornienko, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Katkov
Ivan Kozhedub National Air Force University*

The methodology for synthesizing space-time pulses (STP) involved exciting N elements of a phased antenna array (PAA) with harmonics from the signal spectrum of a given shape and matching the wave spectrum of the radiation field in the selected direction with the frequency spectrum. Partial waves must have the same polarization. Spectrum matching is achieved by compensating for phase shifts due to the path length differences of the waves. In the case of an insufficient number of spectral components to form a high-quality signal shape, the method of bundling M harmonics into each radiator is proposed. The synthesis of a rectangular signal with a given repetition frequency f and duty cycle q was carried out for the PAA with randomly arranged isotropic radiators. The spatial period of pulse sequence corresponds to the wavelength $\lambda = c / f$ and the longitudinal pulse width $\Delta r = \lambda / q$. The pulse duration $\tau = \Delta r / c = 1 / Nf$. The bundling method was used to increase the steepness of the front and edge of rectangular pulses. It was shown that for $N = 51$, $M = 10$, $f = 2 \text{ MHz}$, and duty cycle $q = 10$, the length of the front and edge decreased from 2.6 m to 0.4 m. If equal amplitudes are used in the bundled harmonics to simplify the excitation system, the signal spectrum becomes step-like, with each step containing a harmonic bundle. With the duty cycle and repetition frequency unchanged, the pulse shape is similar to that in the absence of bundling, but their longitudinal width, front and edge length decreases by a factor of M , while the amplitude increases by the same factor. The analysis results can be used for the synthesis of a radiating system of multifunctional radar systems.

FORMATION OF ULTRA-WIDEBAND SPACE-TIME SIGNALS BY MULTI-FREQUENCY ANTENNA

*L. Kornienko, Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub National University of the Air Force*

When exciting the elements of a multi-frequency phased array radar (MFPAR) with harmonics at frequencies $f_n = f_0 + nf$, the radiation field in space represents a periodic sequence of pulses, whose longitudinal shape depends on the amplitude-phase distribution, the bandwidth of the multi-frequency signal $\Delta f = Nf$. It is

furthermore independent of the array configuration, its size, the arrangement and numbering of the radiators, as well as the distance between them. The pulse duty cycle depends on the amplitude distribution and the number of radiators. As the number of radiators N and frequency discretization f increases, the radio pulses transition into ultra-wideband (UWB) video pulses when $\Delta f / f_0 \approx 1.7$. In order to preserve their shape, in the direction of pulse formation, the phase distribution should be set in the array aperture that compensates for the phase shift due to the path length differences. This has a nonlinear component. In cases where increasing N and the pulse repetition frequency is not feasible, it is proposed to use harmonic bundling to form UWB pulses, which involves increasing the number of harmonics emitted by each array element. Using typical amplitude distributions for antenna arrays, the longitudinal pulse width decreases in proportion to the number of harmonics in the bundle. If the amplitudes of all harmonics within a bundle are set equal to the value of the amplitude distribution for a given radiator (which simplifies the excitation system of the array), the results do not change significantly for a moderate number of harmonics. Harmonic bundling allows for the formation of UWB signals with a given repetition frequency even in narrowband channels.

A LASER WEAPON IS ON DISPLAY

T. Mukhina, Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor;

D. Krasnozhan; I. Yurko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The vast majority of engines of all types of modern military equipment, as well as the implementation of the striking effect of projectiles and rockets, use chemical reactions of combustion and explosion as a source of energy. Heated to a high temperature, the gaseous products of the reactions expand very quickly, performing the mechanical work of moving projectiles and vehicles or destroying and moving the environment.

Due to the limited abilities of gunpowder and fuel components, the modernization of artillery and missile technology requires fundamentally new sources of energy. Laser weapons are at the stage of testing and practical application.

Laser ("Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation") is an optical quantum generator that creates powerful coherent monochromatic electromagnetic waves by forced emission of light through an active medium. Its beam spreads over long distances and can destroy materials and electronic systems.

Laser systems operate at the speed of light, allowing instant impression of targets. Today, laser weapons are undergoing field tests and are already being used in the air defense system to destroy missiles, artillery shells, aircraft, UAVs, destroy enemy manpower and equipment, and protect ships, aircraft and ground objects without significant side effects – explosions or debris. Laser weapons are also being researched in the direction of space defense.

Despite high energy costs, the toxicity of chemical laser reagents requiring special safety measures, and the impact of the environment (rain, fog and dust can scatter or absorb laser radiation, reducing the effectiveness of weapons), development in this promising field of military affairs continues in many countries.

New Israel laser system "Iron Beam" that shot down UAVs, missiles, mortar shells, and anti-tank missiles is planned to be used as an addition to "Iron Dome". By now Ukraine has got its own laser system "Tryzub" able to knock down UAVs.

ELECTROMAGNETIC RADIATION PRESSURE ON VERY THIN CONDUCTIVE FIBERS

*M. Kokodii¹, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor;
A. Natarova², Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
S. Movenko¹; D. Gurina¹*

¹V.N. Karazin Kharkiv National University;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

We use the mechanical action of laser radiation in the optical range for levitation, holding and moving of microparticles. We use that fact that the radiation beam presses on the particle, pulls it into a region of high field intensity and holds it there. We use the effect of strong absorption and scattering of microwave radiation by very thin conductors – metal wires, graphite and semiconductor fibers, to overcome difficulties caused by comparable large focal spot of the beam in the microwave range. We provide a theoretical analysis of the effect of microwave radiation strong pressure on thin conductors. We derive a condition for the maximum of radiation pressure – the relationship between the radiation wavelength, the diameter of wire and its conductivity. We provide an analysis of the possibility of levitation and control of the movement of thin metal targets, which can be metal conductors with a diameter of several micrometers and a length of several millimeters, using microwave radiation without focusing on the target. Also, we provide results of measurement of forces acting on thin conductors. For such purpose, we have used a torsion bar scales with a wire suspension with a diameter of several micrometers and an optical rotation angle reading. We show the good agreement between the calculation and experimental results.

PHYSICS-BASED ANALYSIS OF HYPERSONIC MISSILE FLIGHT TRAJECTORY

*O. Karpenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Kiiko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During Ukraine's war against Russian aggression, the urgent issue is the interception of hostile air targets moving in the speed range from 0.1Mach to 6 Mach, using the air defense missile systems.

The analysis of speed characteristics on different sections of the trajectory of the air-launched hypersonic Kh-47M2 Kinzhal aeroballistics missiles is discussed. During the investigation, the missile category as a hypersonic vehicle with a gliding section of the flight path launched from an air carrier MiG-31K fighter was determined. This category of missiles is characterized by the trajectory phases, such as the boost, the ascent, the midcourse phases, and the descent phases of which the missile begins its descent from the upper atmosphere layers to maneuver and approach the designated target. The system of differential equations for calculating the dependence of the course velocity and acceleration of a hypersonic missile, taking into account the aerodynamic resistance gradient of the atmospheric layers within the duration of the flight is presented. The high probability of a hypersonic missile intercepting at the final section of the midcourse and descent trajectory phases of the flight trajectory where the missile is performed utilizing a navigation system, the maneuvering flight is the practical achievement of scientific research.

In conclusion, the Kh-47M2 Kinzhal hypersonic missile flies several hundred kilometers to the designated target, then the effective interception section will be a circle with a radius of 40-45 km around the air defense missile systems.

AIR TARGET SELECTION ADAPTIVE METHOD IN RADAR APPLICATION

*O. Karpenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Kiiko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the war of Ukraine against the aggression of Russia, the urgent task is to ensure the selection and tracking of the hostile air targets flying in a wide range of speeds from 0.1 Mach to 6 Mach utilizing intensive interference.

Continuous analysis of the enemy air raids, characterized by using cruise missiles, unmanned aerial vehicles, and gliding bombs can highlight certain features such as changing the flight trajectory and performing maneuvers in low altitudes with an overload from 1 G to 6 G, and utilizing intensive covering interferences.

To improve the efficiency of radar systems, it is necessary to apply an air target selection adaptive method in radar based on the statistical characteristics and classification of passive interferences as accurately as possible. The practical application of air target detection radars imposes requirements on the main parameters of transmitted signals influencing the selection of moving targets under the covering of interferences distributed in space. The length and polarization of the electromagnetic wave, and the repetition frequency of the burst of pulses have been calculated during research. The size of the resolution volume is determined by the duration of the transmitted pulse and the radiational antenna pattern's beam width at half-power points has been optimized.

During developing and synthesizing systems for selecting moving targets, it is crucial to clearly define the physical peculiarities and selective criteria for the spectral analysis of received signals from air targets under the covering of interferences is discussed in the presentation.

AVIATION PHYSICS IS ESSENTIAL TO STUDY AERONAUTICAL DISCIPLINES

*O. Karpenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Nos, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The aviation physics subject is a professional English-language program designed for pilot and aviation engineering cadets at the University, who need to understand and communicate in English in professional contexts. During the aviation physics subject, not only the physical laws and phenomena but also the English grammar and vocabulary are presented and explained thoroughly, and four language skills, listening, speaking, reading, and writing, are developed systematically.

The aviation physics subject writers follow the instructional system development model, which is a well-documented pedagogical approach that is frequently used in the development of military educational and training courses for combat purposes.

As prescribed by the instructional system development model, the aviation physics subject is based on objectives. There are both the aviation English language competence and professional, based on advanced knowledge of physics, objectives that state explicitly what cadets should be able to accomplish upon completing the aviation physics subject. Each of the seven educational modules of the aviation physics subject is designed to progressively develop cadets' professional skills in aviation English and aeronautical disciplines. It is true, that physics is most closely linked with aerodynamics which has provided its greatest stimulus.

The actuality of the aviation physics subject is that it employs traditional methods of language teaching as well as more recently developed communicative approaches during the time of the war of Ukraine against Russian aggression.

MODELS OF MOTION OF MODERN AIR OBJECTS FOR THE SYNTHESIS OF FUNCTIONING ALGORITHMS OF RADIO ENGINEERING TRACKING SYSTEMS

*A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Strutsinsky, Ph.D.*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The motion of material objects is caused by the forces acting on them. The foundation for constructing a motion model of an air object is based on the laws of physics and kinematic equations, which establish relationships between the vectors of acceleration, velocity, and position of the object. Due to the complexity of calculating the resultant force acting on an air object and the inability to reliably predict it in most practical cases, the motion model of an object is typically built on kinematic equations and a statistical model of the object's acceleration, reflecting its potential variations.

Nowadays, unmanned aerial vehicles (UAVs) have taken a leading role in both civilian and military applications. Their sizes can range from a few centimeters to several tens of meters. Modern aviation technologies have enabled the creation of an entirely new class of aerial vehicles, both unmanned and piloted by humans. In older-generation radar systems, simplified tracking algorithms were often used. However, modern computational technology allows for the full realization of the potential of optimal filtering theory when designing the functioning algorithms for radio engineering tracking systems in advanced multifunctional radars with air target tracking capabilities. This paper proposes a motion model for maneuvering air objects that maximally accounts for the statistical characteristics of their acceleration. The estimation of the state of air objects, given such a probability density distribution of acceleration components, cannot be performed within the framework of optimal linear filtering theory. Therefore, the multi-peak probability distribution, which accurately reflects the acceleration changes of many maneuvering objects, is replaced with an equivalent normal distribution. The most effective approach for synthesizing tracking algorithms is the use of a multi-alternative motion model for maneuvering air objects. This model is based on the assumption that the components of the acceleration vector of an air object are mutually independent, exponentially correlated random processes distributed according to a multi-alternative law. The algorithms synthesized based on this model are adaptive and utilize parallel filtering within radio engineering tracking systems.

The application of adaptive algorithms enhances the accuracy and stability of air object tracking. For example, it has been established that in a Doppler radar system, the adaptive parallel filtering algorithm is more effective when constructing a tracking system for radial velocity.

COUNTERING FIBER-OPTIC DRONES

*V. Vdovonkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Kalnyi, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
O. Kopylov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; Ye. Zhydko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Drone warfare is becoming a key element of the modern stage of military operations. Countering such drones is one of the most urgent and serious tasks of modern combat.

First, in order to destroy a drone, it must first be detected.

The work analyzes

detection methods:

– visual, with the installation of special modules with video cameras that will constantly detect such objects in the sky;

– the probability of detecting these drones using ultrasonic acoustic or infrared sensors;

– detection of drones by microwave and radar systems.

neutralization of a fiber optic drone: a set of organizational and technical measures is proposed to increase the probability of neutralizing a fiber optic drone.

The main problem lies in the means of counteracting these invulnerable drones. As of now, neither side has a ready-made solution. Detecting drones controlled via fiber optic cable is important because fiber optic communication not only protects the drone from radar countermeasures electronic warfare (EW), but also makes it invisible to traditional detectors that look for unmanned aerial vehicle (UAV) radio signals.

It has been shown that drones can only be detected visually or using special radars used to detect aircraft and missiles. To detect such drones, it has been proposed to use microwave radar systems, which are suitable for searching for small and relatively slow objects, but have a limited range.

PARAMETERS OF STATISTICAL CHARACTERISTICS OF DISCRIMINATORS FOR ASSESSING THE STABILITY OF TRACKING AIR OBJECTS BY A MULTI-CHANNEL RADAR

*A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. Barkhudaryan, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
O. Lukashuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Due to the increase in the maneuverability capabilities of modern air objects, the task of assessing the stability of tracking by radio tracking systems of a multichannel radar is important. To analyze the stability of tracking, it is necessary either to simulate the functioning of radio tracking systems using the statistical characteristics of real discriminators, or to use a technique based on the use of their equivalent

discriminatory and fluctuating characteristics, which greatly simplifies the analysis of the failure of the accompaniment, but on condition that an additional instrumental error can be neglected.

When analyzing the stability of tracking by angular coordinates, range, and radial velocity using equivalent statistical characteristics of discriminators, it is necessary to know all their parameters. One of these parameters is the level of error variance outside the aperture of the equivalent fluctuation characteristic. The value of this parameter also determines the probability of the error returning within the aperture bounds (after its exit) for a characteristic time. Fluctuation characteristics proposed in previous works, their estimates are quite rough, and do not take into account many parameters that can affect them. The obtained results of calculations of the level of error variance outside the aperture of the equivalent fluctuation characteristic of the frequency discriminator can be used to analyze the stability of the tracking of air objects at radial speed.

CYBERPHYSICAL HOLOGRAPHIC TELEVISION

O. Kopylov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

V. Vdovonkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

L. Vasylenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Cyber-physical systems are complex systems that combine the processes of the physical world and cybernetic means and consist of various objects (both natural and technical), organizational and control systems and subsystems, which allow us to imagine such a set as a whole, that is subordinated to a single purpose.

In our opinion, it is interesting and relevant to consider the possibility of creating a cyber-physical system, the purpose of which is to receive and transmit 3D information about the environment and reproduce the amplitude and phase of the optical signal alike way as it would be in the idea of holographic television. Let us call such a cyber-physical system cyber-physical holographic television.

But it is known that the obstacle for holographic television is the fundamental physical problem of wave coherence violations due to atmospheric fluctuations, as well as large volumes of information when transmitting holograms.

It is proposed to create a cyber-physical holographic television using a "computer synthesized hologram", when hologram is calculated for a known object. A sequential set of these holograms of scenes are entered into a holographic display will make up a holographic movie.

It is proposed to use a system of television cameras to obtain a digital model of the scene, which is represented by a set of facet coordinates with specified optical properties and is stored in a device with sufficient memory and, after compression and the necessary noise-resistant coding. It is transmitted via communication channels for storage on devices with a large memory capacity in appropriate storage locations. The received digital information about the set of scenes for each moment of time represents a compressed movie.

To display this movie on a holographic display, it is necessary to again transfer this one to the location of the holographic display, unpack this movie and calculate the corresponding hologram for each scene and enter it into the holographic display in real time.

APPLICATION OF THE SKIN EFFECT FOR QUALITY CONTROL OF CYLINDRICAL SURFACES

*S. Kalnyi, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
V. Vdovonkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Solnyshkova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Cylindrical surfaces of firearm barrels are operated under harsh conditions of temperature, chemical and mechanical stress, which leads to the appearance of surface defects, such as microcracks, caverns, etc.

As you know, variable current in a conductor flows in a thin surface skin layer. The presence of surface defects leads to an increase in the electrical resistance of the skin layer, which makes it possible to control the condition of the surface.

The paper calculates the distribution of the electric field in a cylindrical pipe with radii $R_1; R_2$ and shows that the electric field intensity is distributed according to the modified zero-order Bessel function $E(\rho) \propto I_0(\rho)$ (where $R_1 \leq \rho \leq R_2$ is the radial-cylindrical coordinate). Within the surface layer, which thickness is much smaller than the pipe radii, the asymptote of the Bessel function gives: $|E| \propto |I_0(\rho)| \propto \exp(-|\rho - R|/\delta) / \sqrt{|\rho - R|/\delta}$. That is, in fact, the field decays according to the exponential law. At the same time, the depth of the skin layer has a standard form: $\delta = c / \sqrt{2\pi\sigma\mu\omega}$.

The depth of the skin layer depends on the frequency, as $\delta \propto \omega^{-1/2}$. For steel in the frequency range $10^4 \div 10^7$ Hz, the depth is $\delta \propto 0.1 \div 0.001$ mm, which allows, on the basis of changes in electrophysical parameters, to record the presence of defects of this size on the cylindrical surface.

MODIFIED CONDITIONS FOR STEFAN PROBLEM

*D. Bielykh, Ph.D.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modeling the Stefan problem, which describes the phase transition at a moving interface, is important in various scientific fields. This includes materials science, metallurgy, geophysics, energy, medical diagnostics, meteorology, biology and chemistry. Mathematical modeling of phase transition processes helps to solve complex tasks in technological, medical and natural sciences, facilitating the understanding, optimization and prediction of these processes. This contributes to the development of innovative technologies and new materials, which are of great importance for progress in various fields of industry and science.

It is assumed that in the transition layer the diffusion coefficients of both phases are summed, and by the integration method a modified Stefan condition is obtained. It is shown that, as in the standard Stefan problem, the displacement of the interphase boundary is proportional to the square root of time. In the standard Stefan problem, under the Stefan condition for a moving boundary, the diffusion coefficients $\alpha(\beta)$ of the phases are multiplied by the derivative of the concentration along the $\alpha(\beta)$ coordinate of the phases.

It is shown that the summation of the diffusion coefficients in the transition layer leads to a modified Stefan condition. The modified Stefan condition consists in the fact that the diffusion coefficient $\beta(\alpha)$ of the phase is multiplied by the derivative of the concentration along the opposite coordinate of the $\alpha(\beta)$ phase.

The modified Stefan conditions were validated using experimental results on the displacement of the Cu/Sn interface during diffusion bonding resulting from isothermal annealing, and good quantitative agreement was obtained between the model and experimental data sets.

APPLICATION OF AN ACTIVE ELECTRO-OPTICAL SYSTEM FOR MEASURING THE BACKGROUND REFLECTION COEFFICIENT FOR THE PURPOSE OF INCREASING THE CONTRAST OF OBJECTS

A. Ponomar¹; R. Borkovskiy²; V. Herasimiuk³; O. Polosin⁴

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A0224;

³Military unit A2502;

⁴Military unit A4606

The report considers a method for increasing the contrast of an image of objects based on an active electro-optical system, in which a set of multispectral laser emitters is used as a radiation source. A feature of the method is that at its initial stage, the background reflection coefficient is calculated in each spectral channel, which, together with a priori data on the spectral characteristics of the object of interest, is used to calculate a control signal to change the brightness of the radiation of the laser emitter system in such a way as to reduce the magnitude of the spectral components of the signal reflected from the background surface with minimal attenuation of the intensity of the signal reflected from the surface of the object of interest.

The measurement of the background reflectance consists in the fact that multispectral laser signals of the same intensity are formed in the transmitting part of the system, which sequentially irradiate the connected surface. The reflected signals of each spectral component are recorded by the radiation receiver, which allows calculating the spectral reflectance as the ratio of the energy at the input of the receiving device to the energy radiated by the system.

APPLICATION OF BARREL STABILIZATION IN WEAPON REMOTE CONTROL SYSTEMS

A. Prysiazhnyi¹, Candidate of Technical Sciences; V. Prisiazhnyi²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Sole Practitioner A. Prysiazhnyi

Stabilization of machine gun barrels is an important element for increasing the accuracy of firing and ensuring the effectiveness of using machine guns on the battlefield. This is especially true when accuracy is required at long distances or during long series of shots and in conditions where the weapon will be used on different mobile platforms (for example, in cars, on armored vehicles, on ships or aircraft).

The report discusses methods of stabilizing machine gun barrels, but it is emphasized that the most effective at the moment are automatic electronic stabilization systems that compensate for weapon movements and allow more accurate shooting, even when the weapon is on moving platforms.

The advantages of electronic stabilization systems are analyzed, their main components and principle of operation are shown.

An important part of the work of electronic stabilization systems is the software responsible for the accurate calculation of corrective movements. Based on data from the inclinometer, the microprocessor calculates the necessary adjustments to compensate for movements and stabilize the barrel. This system works in real time, instantly correcting the movement of the barrel to keep it on target.

As actuators making adjustments in the direction necessary to compensate for deviations, the same servomotors of the remote machine gun aiming system are used, which significantly reduces the cost of the product.

An example of the practical application of such a system is presented with a demonstration of the corresponding video material.

Thus, remote weapon control systems with electronic stabilization systems significantly change the approach to accuracy and the process of shooting in the conditions of modern combat, allowing it to be done more effectively at long distances.

IMPLEMENTATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN TEACHING PHYSICAL AND MATHEMATICAL DISCIPLINES

I. Petrov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The introduction of information technologies in teaching physics and mathematics integrates modern digital technologies, software, and electronic resources into the educational process to improve understanding of theoretical material, visualization of complex concepts, automation of calculations, and increasing the efficiency of academic activities.

On the other hand, the availability of notable software and a system for computer modeling of physical processes (ANSYS, COMSOL, PhET) allows you to model various bodily processes and create new laboratory work at one workplace.

An increase in the effectiveness of educational activities is also observed in the use of computers during practical classes. First, computers used for laboratory work can also be used to perform practical content in classes. Secondly, solving tasks on a laptop relieves the student of routine calculations and significantly saves time. From a methodological point of view, students should be encouraged to implement functions in specialized application software packages since the packages simplify complex mathematical calculations. Using mathematical packages such as Mathcad, Matlab, Maple, and GeoGebra allows you to cope with a practical task several times faster and get support for the result with a large amount of demonstration material.

Information technologies in education allow you to individualize the learning process and provide operational self-control and control with error diagnostics and feedback. These systems are designed to ensure interaction between the teacher and the student and allow for online testing and automatic calculation of the result.

In our opinion, the main advantages of implementing information technologies in teaching physics and mathematics are:

increasing the visibility of teaching and motivation of students;

optimization of calculations and modeling of complex processes;
flexibility in educational activities and access to various educational resources.

Thus, using information technologies in teaching physics and mathematics contributes to the deepening of knowledge, developing analytical thinking, and improving teaching methods.

БПЛА: ПРИНЦИП РОБОТИ, ВИКОРИСТАННЯ

Л.І. Аврамчук¹; Д.В. Дацько²; Р.С. Бойко²; А.І. Нос³, к.т.н., доц.

¹Національний авіаційний університет;

²Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

³Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Безпілотні літальні апарати завдяки своїй гнучкості, ефективності та широкому спектру можливостей, вони стали невід'ємною частиною як військових, так і цивільних сфер діяльності. Вони можуть працювати у трьох режимах: дистанційне керування – оператор керує дроном у реальному часі через супутниковий або радіозв'язок. У автономному режимі дрон діє за заздалегідь запрограмованим маршрутом, використовуючи GPS, інерційну навігацію та штучний інтелект. Також в зв'язку науково-технічним прогресом почали широко застосовувати дрони які керуються через оптоволокно, що дозволяє безперешкодно пролітати РЕБ системи противника.

Система зв'язку – БПЛА використовують супутниковий, радіозв'язок та передачу даних по оптоволокну і команд між оператором і апаратом. Живлення та двигуни – більшість БПЛА використовують електричні або бензинові двигуни залежно від розміру та призначення. БПЛА можуть бути оснащені камерами, радарми, датчиками або зброєю, залежно від призначення.

БПЛА стали важливим інструментом у багатьох сферах завдяки своїй мобільності, автономності та широкому спектру застосувань. У військовій справі вони забезпечують стратегічну перевагу, тоді як у цивільному житті сприяють розвитку технологій і підвищенню ефективності в різних галузях. У майбутньому їхні можливості продовжуватимуть розширюватися завдяки вдосконаленню штучного інтелекту та сенсорних систем.

БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ: ПРИНЦИП РОБОТИ, ВИКОРИСТАННЯ

О.С. Аврамчук¹, к.пед.н., доц.; М.В. Бородуліна¹; А.І. Нос², к.т.н., доц.

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Безпілотний літальний апарат (БпЛА) – це повітряний пристрій, що виконує польоти без фізичної присутності пілота на борту. Управління може здійснюватися дистанційно оператором або за допомогою автоматичних систем навігації. БпЛА відрізняються за конструкцією, розміром, призначенням і технічними характеристиками.

БпЛА використовують бездротовий зв'язок (радіоканали, супутниковий зв'язок) для передачі даних та управління. Автономні дрони можуть орієнтуватися в просторі за допомогою штучного інтелекту та комп'ютерного зору.

Сфери застосування БПЛА: військова галузь (розвідка, спостереження та картографування територій, ударні дрони для виконання бойових завдань, логістична підтримка військових операцій); цивільне використання (моніторинг дорожнього руху та міської інфраструктури, доставка товарів, медикаментів, пошти, контроль стану лісів, заповідників та екологічний моніторинг); сільське господарство (аерофотозйомка для оцінки стану посівів, автоматизоване внесення добрив і пестицидів, рятувальні та надзвичайні ситуації, контроль лісових пожеж, оцінка наслідків стихійних лих); будівництво та інфраструктура (інспекція мостів, висотних споруд, ліній електропередач).

З'явилися національні проекти з виробництва розвідувальних та ударних БПЛА, які відповідають потребам української армії. Водночас розвиток власних дронівих технологій і протидія ворожим БПЛА є критично важливими для збереження технологічної переваги на полі бою.

СТЕЛС: ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

О.Є. Аврамчук¹, к.пед.н., доц.; Д.В. Дацько¹;

Р.С. Бойко¹; А.І. Нос², к.т.н., доц.

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

У більшості країн, що є лідерами у військово-технічній сфері, розвиток стелс технологій у військової авіації розглядається як один із ключових напрямів зміцнення їхньої бойової потужності.

Зниження радіолокаційної помітності стелс-технології значно зменшують ефективну поверхню розсіювання, що ускладнює виявлення літака радаром противника. Завдяки спеціальним матеріалам і геометрії корпусу літак розсіює або поглинає радіохвилі, роблячи його “невидимим” для більшості стандартних радіо локаційних станцій. Також важливим фактором є підвищена бойова живучість, через труднощі з виявленням, противнику складніше атакувати та знищити стелс-літак. Навіть якщо він буде помічений, система активного придушення радарів і маневреність підвищують шанси на уникнення загрози.

Однією з найбільших проблем є ціна обслуговування стелс-літаків, через специфічні матеріали та покриття. Підготовка пілотів і персоналу потребує спеціальних програм та високотехнологічного обладнання.

Попри це, стелс-літаки залишаються важливим елементом сучасних військово-повітряних сил, а їхнє подальше вдосконалення дозволить зменшити існуючі недоліки.

НАПІВПРОВІДНИКИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ ГАЛУЗІ

О.Є. Аврамчук¹, к.пед.н., доц.; Д.В. Дацько¹; Р.С. Бойко¹; А.І. Нос², к.т.н., доц.

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Напівпровідники відіграють ключову роль у розвитку технологій, включно з військовими системами, де забезпечують роботу мікропроцесорів, датчиків, радарів та зв'язку. Напівпровідники змінюють свою провідність під впливом

домішок, електричних полів або температури. На їхній основі напівпровідників створюються транзистори, мікросхеми, мікропроцесори та інші електронні компоненти. Діоди, транзистори, логічні схеми є ключовими компонентами сучасної електроніки.

Використовують у військовій галузі високочастотні напівпровідникові компоненти які забезпечують роботу сучасних радарів для виявлення цілей. GPS-навігація, інерційні системи керування ракетами та безпілотниками. Системи зв'язку та радіоелектронної боротьби. Захищений військовий зв'язок базується на спеціальних напівпровідникових мікросхемах. Потужні процесори та нейромережеві чіпи обробляють дані в реальному часі, забезпечуючи автономну роботу військової техніки.

Напівпровідники є основою сучасної військової технології, забезпечуючи ефективність, точність і автономність бойових систем. Вони відіграють ключову роль у розвитку штучного інтелекту, зв'язку, навігації та кібербезпеки. У майбутньому вдосконалення напівпровідникових матеріалів та квантових технологій ще більше змінить характер ведення бойових дій.

КОНДЕНСАТОРИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ ГАЛУЗІ

О.Є. Аврамчук¹, к.пед.н., доц.; Є.М. Мирончук¹;

Я.М. Красовський¹; А.І. Нос², к.т.н., доц.

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Конденсатори є невід'ємною частиною електронних систем, що використовуються у військовій техніці та оборонних технологіях. Вони відіграють ключову роль у зберіганні та регулюванні електричної енергії, забезпечуючи стабільність та ефективність роботи сучасних військових пристроїв. Військова електроніка висуває жорсткі вимоги до надійності, довговічності та стійкості компонентів до екстремальних умов експлуатації, що обумовлює необхідність використання високоякісних конденсаторів з покращеними характеристиками. Основними параметрами, що визначають застосування конденсаторів у військовій галузі, є їхня ємність, напруга пробою, термічна стабільність, стійкість до механічних навантажень та впливу електромагнітного випромінювання.

Сучасні військові системи, такі як радары, навігаційні комплекси, системи радіозв'язку, високочастотні генератори та імпульсні джерела живлення, потребують конденсаторів із високими параметрами електричної провідності, мінімальним рівнем втрат та високою швидкістю заряджання й розряджання. Найбільш поширеними типами конденсаторів у військовій техніці є керамічні, танталові, електролітичні та полімерні. Вони використовуються для фільтрації сигналів, компенсації енергетичних коливань, підвищення стабільності роботи електронних пристроїв, а також для накопичення енергії у високовольних та імпульсних системах. Танталові конденсатори відзначаються високою стійкістю до радіації та мають довгий термін служби, що робить їх незамінними у військовій авіації, космічних системах та засобах радіоелектронної боротьби.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОНДЕНСАТОРІВ У ВІЙСЬКОВІЙ ГАЛУЗІ

Л.І. Аврамчук¹; С.М. Мирончук²; А.І. Нос³, к.т.н., доц.

¹Національний авіаційний університет;

²Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

³Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Військова техніка працює в умовах, що характеризуються значними температурними коливаннями, вібраціями, механічними ударами, високим рівнем вологості та радіаційного випромінювання. У зв'язку з цим конденсатори, які використовуються у військовій галузі, проходять спеціальну сертифікацію та тестування на відповідність жорстким стандартам, таким як MIL-PRF у США або відповідні стандарти НАТО. Дослідження та розробка нових матеріалів і технологій виготовлення конденсаторів спрямовані на підвищення їх стійкості до агресивних умов експлуатації, збільшення терміну служби та покращення електричних характеристик. Зокрема, впровадження нанотехнологій у виробництво конденсаторів дозволяє значно підвищити їхню ефективність, зменшити габарити та масу, що є критично важливим для військової авіації, безпілотних систем та мобільних радіоелектронних комплексів.

Високонадійні конденсатори є ключовими елементами військової техніки, забезпечуючи стабільність роботи навігаційних, зв'язкових та керувальних систем. В умовах сучасного бою, де точність та швидкість обробки даних є критично важливими, їх роль суттєво зростає. Вони застосовуються у бортових комп'ютерах, які координують роботу сенсорних систем, коригують траєкторію руху та забезпечують інтеграцію електронних підсистем. Високоточні навігаційні комплекси, що використовуються в авіації, флоті та бронетехніці, потребують конденсаторів для стабілізації живлення, що гарантує точність роботи в умовах радіоелектронної боротьби та впливу зовнішніх перешкод.

СУЧАСНІ РОЗРОБКИ У ВІЙСЬКОВІЙ ГАЛУЗІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНДЕНСАТОРІВ

С.М. Мирончук¹; Я.М. Красовський¹; І.В. Кондратюк¹; А.І. Нос², к.т.н., доц.

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

У системах наведення керованої зброї конденсатори забезпечують живлення процесорних блоків та оптичних сенсорів, що дозволяє мінімізувати похибку ураження. У лазерних системах наведення вони стабілізують електроживлення, зменшуючи ризик відхилення променя. В енергетичних установках бойових платформ вони використовуються для живлення бронетехніки, авіації, кораблів та безпілотників. Удосконалення конденсаторів сприяє розвитку імпульсних систем, таких як електромагнітна зброя, мікрохвильові генератори та високочастотні передавачі.

Сучасні розробки спрямовані на підвищення електрохімічної стабільності, зниження енергоспоживання та підвищення стійкості до екстремальних умов експлуатації. Використання нанотехнологій та вдосконалених діелектричних матеріалів дозволяє зменшити розміри конденсаторів, що є важливим для

компактної військової техніки. Завдяки новим методам захисту та герметизації термін служби цих компонентів суттєво зростає, що підвищує загальну ефективність військових систем та сприяє їх подальшій модернізації. Перспективи розвитку військових конденсаторів тісно пов'язані з дослідженнями у сфері нових діелектричних матеріалів, наноструктурованих електродів та покращенням процесів виробництва. Впровадження новітніх технологій дозволяє створювати конденсатори з вищою питомою ємністю, покращеними характеристиками надійності та довговічності, що є критично важливим для майбутніх поколінь військової техніки. У зв'язку з цим подальші дослідження у сфері розробки конденсаторів матимуть значний вплив на розвиток оборонних технологій та підвищення боєздатності сучасних збройних сил.

АКТУАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Р.В. Багач, д.філос.; І.В. Войтенко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Мета: Дослідити сучасні тенденції розвитку радіоелектроніки та їх вплив на технологічний прогрес у різних сферах.

Основні напрями розвитку:

– 5G і бездротові технології, покращення швидкості передачі даних, зменшення затримки;

– інтернет речей (IoT) та вбудовані системи, створення інтелектуальних пристроїв;

– штучний інтелект і машинне навчання, автоматизація аналізу сигналів, оптимізація мереж;

– радіочастотна і квантова, використання UWB технологій і квантових обчислень у комунікаціях;

– супутникові комунікації та навігація, розвиток супутникових мереж і навігаційних систем;

– гнучка і наномасштабна електроніка, створення енергоефективних дисплеїв і сенсорів;

– медична радіоелектроніка, розвиток біомедичних сенсорів та технологій дистанційного моніторингу здоров'я.

Висновки. Радіоелектроніка стрімко розвивається, впливаючи на ключові технологічні галузі. Інтеграція 5G, IoT, штучного інтелекту та квантових технологій сприяє підвищенню ефективності зв'язку, безпеки даних та покращенню якості життя. Надалі очікується ще більша інтеграція радіоелектронних рішень у медицину, транспорт та промисловість.

КОНДЕНСАТОРИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ ГАЛУЗІ

О.Є. Аврамчук¹, к.пед.н., доц.; О.М. Остапчук¹; А.І. Нос², к.т.н., доц.

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Розвиток сучасних військових технологій вимагає використання надійних та ефективних компонентів електроніки. Одним із ключових елементів є конденсатори, які забезпечують стабільну роботу електронних систем і

застосовуються в авіації, ракетних комплексах, системах зв'язку та електронної боротьби; використовуються у військовій техніці для накопичення та миттєвої передачі енергії, фільтрації сигналів у високочастотних пристроях, стабілізації напруги у бортових системах літаків та бронетехніки. Зокрема, у високочастотних імпульсних лазерах та РЛС застосовуються імпульсні конденсатори, що витримують значні навантаження. У системах бойових лазерів конденсатори використовуються для накопичення енергії та її миттєвого вивільнення, створюючи потужні імпульси. В електромагнітних гарматах (рейлганах) конденсатори є джерелом високовольтної енергії для запуску снарядів. Конденсатори здатні генерувати високочастотні імпульси для роботи радарів і систем радіоелектронної боротьби (РЕБ). Типи конденсаторів: керамічні (стійкі до механічних навантажень – в радіоелектроніці, сенсорах, системах наведення); танталові (мають високу ємність і стабільність – у військових комп'ютерах, зв'язку, навігації); електrolітичні (накопичують енергію для імпульсних пристроїв); плівкові (в силовій електроніці та системах РЕБ); суперконденсатори (швидко накопичують/віддають енергію – в екстрених джерелах живлення та електромагнітній зброї). Перспективи – створення конденсаторів на основі наноматеріалів, що забезпечують більшу ємність при малих габаритах.

МЕДИЧНА РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА БІОМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Р.В. Багач, д.філос.; В.І. Єзик

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Метою дослідження є аналіз сучасних досягнень у сфері медичної радіоелектроніки та біомедичних технологій, визначення їхнього впливу на медичну галузь та оцінка перспектив подальшого розвитку. Особлива увага приділяється інноваційним технологіям, які сприяють покращенню діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів, а також мінімізації ризиків та покращенню якості життя. Дослідження охоплює питання ефективності застосування радіоелектронних засобів у медицині, інтеграції біомедичних технологій у клінічну практику та розвитку персоналізованої медицини.

Основні напрями дослідження

використання радіоелектронних технологій у медичній діагностиці (МРТ, КТ, УЗД);

розвиток біомедичних сенсорів для моніторингу стану здоров'я;

інноваційні методи лікування, засновані на електромагнітних та лазерних технологіях;

перспективи штучного інтелекту та машинного навчання у медичних приладах.

Висновки. Медична радіоелектроніка та біомедичні технології сприяють підвищенню точності діагностики, ефективності лікування та зниженню інвазивності процедур. Інноваційні розробки забезпечують індивідуалізований підхід, раннє виявлення захворювань і покращення реабілітації. Подальший розвиток цих технологій сприятиме вдосконаленню медичних послуг і трансформації охорони здоров'я.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ В ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Р.В. Багач, д.філос.; В.І. Жерновий

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Метою дослідження є аналіз впливу радіоелектроніки на розвиток електромобільного транспорту, а також оцінка ключових технологічних рішень, що сприяють підвищенню ефективності, безпеки та зручності експлуатації електромобілів. Особлива увага приділяється інтелектуальним системам керування живленням, бездротовим зарядним технологіям, автоматизованим системам управління та кібербезпеці, що визначають майбутній розвиток галузі.

Основні тенденції включають:

інтелектуальні системи керування живленням для оптимізації зарядки та енергорозподілу;

бездротові зарядні станції для зручності та зменшення зносу роз'ємів;

системи V2X для обміну даними між авто, інфраструктурою та пішоходами;

автономне водіння для підвищення безпеки;

моніторинг стану батарей і вузлів для запобігання несправностям;

кібербезпека та захист даних;

покращені GPS-навігація та панелі управління.

Висновок. Радіоелектроніка підвищує енергоефективність, безпеку та автоматизацію електромобілів. Інновації, як-от V2X-зв'язок, автономне водіння та кібербезпека, роблять їх зручнішими та надійнішими. Подальший розвиток сприятиме масовому впровадженню електротранспорту.

СУЧАСНІ РОЗРОБКИ В ГАЛУЗІ РАДІОЧАСТОТНОЇ ТА КВАНТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

Р.В. Багач, д.філос.; О.В. Місюра

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Мета: Дослідити сучасні розробки в галузі радіочастотної та квантової електроніки, їхні перспективи та вплив на телекомунікації та безпеку інформації.

Дослідження:

радіочастотні технології, розвиток UWB (Ultra-Wideband) для бездротового зв'язку, удосконалення антенних систем і спектральної ефективності;

квантові комунікації, використання квантової криптографії для захисту інформації, розробка квантових мереж;

квантові обчислення, застосування кубітів у розрахунках, потенціал для розв'язання складних задач у фізиці та моделюванні;

сенсорні технології, використання квантових сенсорів для точної діагностики та вимірювань.

Висновки. Радіочастотна та квантова електроніка відкривають нові можливості у сфері комунікацій, безпеки та обробки даних. Квантові технології забезпечують безпечний обмін інформацією, а радіочастотні інновації покращують ефективність бездротового зв'язку. Подальші дослідження у цій сфері сприятимуть розвитку телекомунікаційних

технологій, наукових обчислень та сенсорних систем. Квантові комунікації підвищують безпеку даних, а обчислення прискорюють розв'язання складних задач у різних сферах науки й техніки. Радіочастотні технології сприяють розвитку IoT, 5G і 6G, а квантові сенсори покращують точність діагностики та моніторингу. Подальші дослідження в цій галузі сприятимуть технологічному прогресу.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І МАШИННЕ НАВЧАННЯ В РАДІОЕЛЕКТРОНІЦІ

Р.В. Багач, д.філос.; Д.Г. Науменко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Мета: Дослідити роль штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) у розвитку радіоелектроніки, їхній вплив на автоматизацію, обробку сигналів і комунікаційні системи. Визначити ключові переваги впровадження ШІ у радіоелектроніку, його здатність до адаптації та самооптимізації, а також можливі перспективи подальшого розвитку технологій у цій галузі.

Дослідження:

автоматизація систем, використання ШІ для оптимізації роботи радіоелектронних пристроїв;

обробка сигналів, застосування МН для покращення розпізнавання та аналізу сигналів;

оптимізація комунікацій, підвищення ефективності передачі даних у бездротових мережах;

діагностика та прогнозування – використання ШІ для виявлення несправностей у радіоелектронних системах.

Висновки. Штучний інтелект і машинне навчання значно покращують ефективність радіоелектронних систем. Вони забезпечують точну обробку сигналів, автоматизують управління пристроями та підвищують надійність комунікацій. Впровадження ШІ сприяє створенню самонавчальних систем, які можуть адаптуватися до змін у реальному часі, підвищуючи продуктивність та зменшуючи витрати енергії.

Також ШІ відіграє важливу роль у розвитку бездротових технологій, що дозволяє покращити спектральну ефективність та збільшити швидкість передачі даних. Машинне навчання у прогнозуванні несправностей зменшує ризики відмов та підвищує довговічність.

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДУ БОРТОВОЇ ХИТАВИЦІ КОРАБЛЯ НА СХВИЛЬОВАНІЙ МОРСЬКІЙ ПОВЕРХНІ ЗА ДОПОМОГОЮ РЛС

В.М. Горобець, к.ф.-м.н.; О.Л. Ковортний; С.М. Зотов; М.І. Головка

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Виявлення та розпізнавання радіолокаційних надводних об'єктів (кораблів) є важливим завданням для всіх видів збройних сил.

Кораблі характеризуються як габаритами, так і характером поведінки на морській поверхні. Характер поведінки залежить від ряду зовнішніх факторів, основним із яких є морське хвилювання.

Зважаючи на математичну модель корабля на схвильованій морській поверхні, відбитий від корабля сигнал на виході фазового детектора РЛС представляє частотно-модульоване коливання з центральною частотою, що відповідає швидкості руху корпусу корабля, і модулюючим сигналом, що характеризує хитавицю. Передбачається, що шляхом спектрального аналізу відбитого сигналу можна визначити періоди вимушених коливань, притаманних даному кораблю.

Для перевірки запропонованого методу визначення періоду хитавиці корабля за допомогою радіолокатора було проведено математичне моделювання і ряд натурних експериментів.

При порівнянні спектрів, отриманих від реальних об'єктів зі спектрами, отриманими шляхом математичного моделювання, спостерігається їх схожість в області частот, які відповідають реальним частотам кільвої та боргової хитавиць.

Отримані дані можуть бути використані як додаткові ознаки для розпізнавання надводних об'єктів.

ПРО ДАЛЬНІСТЬ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ РЕБ ДЛЯ БОРОТЬБИ З БПЛА

І.М. Мищенко, д.ф.-м.н., с.н.с.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.;

О.М. Роєнко, к.ф.-м.н., с.н.с.

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Одним із засобів боротьби з БПЛА противника є використання засобів РЕБ. При цьому ставиться завдання виведення їх з ладу на можливо максимальній дальності. В умовах малих висот БПЛА і антен РЕБ, а також внаслідок недостатньо вузьких діаграм спрямованості антен по куту місця ($\sim 20^\circ$), робота відбувається в умовах інтерференції прямого і відбитого від поверхні променів, що обмежує необхідну дальність. Для оцінки цієї дальності можна використовувати дистанційні залежності множника ослаблення. Ці залежності осцилюють у межах $1 \pm \rho$, де ρ – коефіцієнт відбиття радіохвиль від поверхні розділу. Найдавший максимум залежності розташовується на дистанції $D_{\max} \approx 4H_{\text{БПЛА}} H_A / \lambda$, де $H_{\text{БПЛА}}$, H_A – висоти БПЛА і антени РЕБ, λ – робоча довжина хвилі. Далі множник ослаблення монотонно зменшується зі збільшенням відстані. Дистанцію D_{\max} можна розглядати як оцінку дальності ефективної дії засобу РЕБ.

Оцінки максимальної дальності ефективної дії засобів РЕБ для "плоскої" Землі показують, що на частоті 0.9 ГГц, висоті $H_A = 2$ м і $H_{\text{БПЛА}} = 10, 30, 150, 900$ м $D_{\max} = 240, 730, 3000, 7270$ м; при $H_A = 4$ м і $H_{\text{БПЛА}} = 10, 30, 150$ м $D_{\max} = 480, 1460, 7270$ м. На частоті 2.4 ГГц, $H_A = 2$ м і $H_{\text{БПЛА}} = 10, 30, 150$ м $D_{\max} = 641, 1923, 9615$ м.

Як видно з результатів розрахунків, використання засобів РЕБ для боротьби з БПЛА в умовах інтерференції прямого і відбитого від Землі променів вимагає знання дистанційних залежностей множника ослаблення. Для більш точних оцінок необхідно використовувати модель сферичної поверхні Землі та інших чинників, пов'язаних із поширенням радіохвиль поблизу поверхні розділу.

МЕТОДИКА ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНИХ ВИМІРІВ ПЕЛЕНГУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ ГІСТОГРАМИ ЩІЛЬНОСТІ ЇХ РОЗПОДІЛУ

*О.О. Писарчук, д.т.н., проф.; І.О. Стародубцев
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”*

Реалії сьогодення переконливо доводять актуальність використання радіочастотного спектру для вирішення багатьох задач радіомоніторингу. Зокрема це стосується визначення координат джерел радіовипромінювань (ДРВ). Одним із способів реалізації цього є застосування радіопеленгаторних засобів в ультра короткохвильовому діапазоні хвиль (УКВ). Специфіка розповсюдження радіохвиль УКВ діапазону, породжує та актуалізує проблематику наявності та необхідності виявлення аномальних вимірів (АВ) пеленгу на ДРВ.

В роботі запропоновано методику виявлення аномальних вимірів пеленгу за результатами аналізу гістограми щільності їх розподілу. Методика включає комплекс взаємопов'язаних етапів: отримання множини вимірів пеленгу на ДРВ; побудова гістограми розподілу; прийняття рішення про склад підмножини пеленгів, що не містять АВ; оцінювання пеленгу на ДРВ за вимірами підмножини. В методиці обґрунтовано: кількісний склад інтервалів гістограмного поділу просторового сектору спостереження за ДРВ залежно від складу вибірки вимірів пеленгу; порогове значення прийняття рішення про АВ пеленгу.

Результати моделювання довели ефективність запропонованого підходу з виявлення АВ для підвищення точності визначення координат ДРВ.

РОЗРОБКА БАГАТОКАНАЛЬНОГО КОРЕЛОМЕТРА СИСТЕМИ ПІДШУМОВОГО КОРЕЛЯЦІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ З РОЗШИРЕНИМ СПЕКТРОМ

*Г.П. Єрмак, к.ф.-м.н.; Д.П. Кудрявцев, к.т.н.;
В.М. Желтов, к.ф.-м.н.; О.В. Фатєєв
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Метою роботи є експериментальне дослідження процесів формування, та декодування сигналів сформованих за технологією DSSS – розширення спектру методом прямої послідовності для організації малопомітної передачі цифрової інформації та прийому відео зображень з використанням програмно-обумовлених радіосистем (ПОР). Розширення спектра здійснюється за допомогою так званого розширюючого (або кодового) сигналу, який не залежить від інформації, що передається. Відновлення вихідних даних у приймачі (звуження спектра) здійснюється шляхом зіставлення отриманого сигналу та синхронізованої копії розширюючого сигналу.

Для забезпечення когерентності фази між очікуваним (прийнятим з ефіру) і опорними (ключом) сигналами в довільний момент часу був розроблений циклічно працюючий багатоканальний корелометр. Реалізовано алгоритм формування та декодування сигналів системи підшумового кореляційного зв'язку для передачі даних шумоподібними сигналами на основі кодів Голда.

Проведено модифікацію базового програмного забезпечення програмованої логічної інтегральної схеми (ПЛІС) типу FPGA інтегрованої в ПОР BladeRFx40 для створення багатоканального корелометра приймача-передавача системи завадозахищеного зв'язку.

АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ТА ДЕКОДУВАННЯ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ СИСТЕМИ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОГО ШИРОКОСМУГОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

*Г.П. Єрмак, к.ф.-м.н.; М.В. Балабан, к.ф.-м.н.; А.В. Варавін, к.ф.-м.н.;
О.С. Васильєв, к.ф.-м.н.*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Сьогодні у світі спостерігається стійкий інтерес до розвитку систем зв'язку, що забезпечують надійну передачу даних в умовах високого рівня фонових шумів і завад, а також захисту каналу радіозв'язку від несанкціонованого підслуховування. Завадозахищений, підшумовий канал зв'язку може бути ефективно реалізовано на базі сучасних програмно-обумовлених радіосистем (ПОР) цифрового зв'язку, з використанням псевдошумових послідовностей для кодування сигналу, таких як m-послідовності або коди Голда.

В роботі проведено математичне моделювання процесів формування, прийому і декодування широкосмугових псевдовипадкових сигналів формованих за технологією DSSS – розширення спектру методом прямої послідовності. Для забезпечення малопомітної передачі використовувався підшумовий кореляційний спосіб радіообміну з кодуванням біт інформаційного повідомлення шумоподібними сигналами на основі кодів Голда. Розроблено алгоритм ідентифікації сигналів, заснований на можливості математичного визначення функції автокореляції, яка визначає взаємозв'язок (ступінь подібності) між сигналом та його зрушеною в часі копією.

Проведено оцінку максимальної швидкодії радіоканалів під час передачі сигналів.

ШИРОКОСМУГОВИЙ УЗГОДЖУВАЧ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ВИСОКООМНИХ СИМЕТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*М.П. Натаров, к.ф.-м.н., ст.д.; О.І. Шубний, к.ф.-м.н., ст.д.; В.В. Гламаздин
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Узгодження коаксіального кабелю з симетричними навантаженнями є актуальною задачею у сучасній високочастотній радіотехніці. Широке застосування мають компактні узгоджувачі на феритових кільцях. На високих частотах (вище за 100 МГц) вони мають великі втрати, що призводить до перегріву.

Авторами запропоновано пристрій для узгодження і симетрування електромагнітного сигналу при підключенні коаксіального кабелю з хвильовим опором 50 Ом до високоомного симетричного навантаження типу вібраторна антена, спіральна антена і таке інше.

Антиени з вібраторами спеціальної форми працюють у смузі частот 2:1 і більше, а їхнє вхідне навантаження, зазвичай, складає від 100 Ом до 300 Ом. Запропонований пристрій складається з переходу від коаксіального кабелю на несиметричну полоскову лінію з подальшим переходом на симетричну стрічкову лінію. Для узгодження стрічкової лінії з антеною використовується одно- або багатоступеневий перехід від хвильового опору 50 Ом до опору потрібної величини. Полоскова і стрічкова лінії виконані на тефлоновій підкладці з діелектричною проникністю 2 і тангенсом втрат 2×10^{-4} товщиною 2 мм. На експериментальному зразку досягнуто узгодження 50-омного кабелю з 200-омним навантаженням у смузі частот 400-1200 МГц на рівні КСХН не вище 1,3. Передача потужності 60 Вт протягом пів години не викликала помітного нагріву узгоджувача.

СПІВПРАЦЯ КРАЇН У СФЕРІ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ ЩОДО СПІЛЬНОГО РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ

М.А. Чернега, к.т.н.

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Країни-лідери у галузі радіоелектроніки активно співпрацюють між собою для обміну досвідом, технологіями та спільного розвитку новітніх рішень. Приклад кількох успішних проєктів:

Проєкт "Iron Dome" (Залізний купол).

Країни-учасники: Ізраїль та США. Опис: "Iron Dome" є системою протиракетної оборони, розробленою ізраїльською компанією Rafael Advanced Defense Systems за підтримки США.

Проєкт "Aegis Combat System".

Країни-учасники: США, Японія, Іспанія, Норвегія та інші. Опис: "Aegis Combat System" є інтегрованою системою управління бойовими діями, розробленою компанією Lockheed Martin.

Проєкт "Galileo".

Країни-учасники: Європейський Союз. Опис: "Galileo" є глобальною навігаційною супутниковою системою, розробленою Європейським Союзом.

Проєкт "S-400 Triumf".

Країни-учасники: росія. Опис: "S-400 Triumf" є сучасною системою протиповітряної оборони, розробленою російською компанією "Алмаз-Антей".

Ці проєкти демонструють успішну співпрацю між країнами та досягнення у галузі радіоелектроніки, що сприяють підвищенню ефективності та безпеки військових операцій.

ЛІДЕРИ У СФЕРІ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

М.А. Чернега, к.т.н.

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України*

Лідерами у галузі радіоелектроніки є кілька країн, які активно розвивають та впроваджують новітні технології:

Сполучені Штати Америки є одним з провідних лідерів у галузі радіоелектроніки. Вони активно розробляють системи радіоелектронної

боротьби, радіолокаційні системи та безпілотні літальні апарати. Американські компанії, такі як Raytheon, Lockheed Martin та Northrop Grumman, є світовими лідерами у виробництві радіоелектронних систем.

Китай також є важливим гравцем у цій галузі. Країна активно інвестує у розвиток радіоелектроніки, зокрема у створення сучасних систем РЕБ та радіолокації. Китайські компанії, такі як Huawei та ZTE, займають провідні позиції у розробці телекомунікаційних та радіоелектронних технологій.

росія має значний досвід у розробці радіоелектронних систем, зокрема систем РЕБ та радіолокаційних комплексів. російські компанії, такі як КРЕТ (Концерн Радіоелектронні Технології), активно працюють над створенням новітніх технологій у цій галузі.

Ізраїль є одним з лідерів у розробці систем радіоелектронної боротьби та безпілотних літальних апаратів. Ізраїльські компанії, такі як Elbit Systems та Israel Aerospace Industries (IAI), відомі своїми інноваційними рішеннями у сфері радіоелектроніки.

Німеччина займає провідні позиції у галузі радіоелектроніки. Німецькі компанії, такі як Rohde & Schwarz та Hensoldt, активно розробляють сучасні радіолокаційні системи та системи РЕБ.

Ці країни активно інвестують у розвиток радіоелектроніки, що дозволяє їм залишатися на передовій у цій галузі.

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ В ІНТЕРЕСАХ ПІДГОТОВКИ ДО ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

О.В. Скиба; С.С. Брянкін, д.філос.; О.В. Лук'янець, к.е.н.

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Внаслідок ведення бойових дій на території нашої держави значна місцевість перебуває забрудненою мінами, іншими боеприпасами та саморобними вибуховими пристроями, які не вибухнули і становлять небезпеку для населення.

Для очищення ділянок від них широко використовуються спеціалізовані машини гуманітарного розмінування.

Крім того, з метою завчасного виявлення наявності тих чи інших вибухових засобів, та економії ресурсів механізованих засобів розмінування, було б доцільно попередньо проводити розвідку підозрілих ділянок і вже потім проводити їх очищення.

У доповіді одним із способів пропонується застосування безпілотних літальних апаратів, оснащених відповідним радіоелектронним обладнанням, яке шляхом активної радіолокації здатне виявляти наявність вибухових засобів на ґрунті та під його поверхнею.

При цьому, враховуючи стрімкий розвиток телекомунікаційних технологій, пропонується обладнати такі апарати програмно-апаратним комплексом, що може в режимі онлайн передавати інформацію про виявлені вибухові засоби на пункт управління підрозділу розмінування. Такі дані відображаються на карті місцевості та в подальшому дозволяють раціонально планувати задіяння механізованих засобів розмінування та людських ресурсів

до очищення ділянок території, виключно (в першу чергу), де виявлено міни, гранати, снаряди.

Для підвищення ефективності таких розвідувальних заходів доцільно застосовувати одночасно або послідовно декілька безпілотних літальних апаратів.

АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ БПЛА ПРИ НАЯВНОСТІ РАДІОПЕРЕШКОД У БОРТОВОМУ РЕЖИМІ

*С.І. Мельник, к.т.н., доц.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова
Національної академії наук України*

Класичний алгоритм придушення радіоперешкод орієнтований працювати зі стаціонарними джерелами перешкод з відомим пеленгом. В умовах розміщення апаратури на БПЛА та невідомих апріорно пеленгах джерел перешкод він не працездатний.

У бортовому варіанті розміщення потужність перешкодового сигналу зростає при наблизенні до джерела (джерел) перешкод. Можна припустити, що за час одного циклу розрахунків пеленги змінюються незначно та лінійно. В цьому випадку адаптація системи до нових пеленгів перешкод зводиться до незначної зміни вектора коефіцієнтів. Іншими словами, можлива побудова стійкого алгоритму стеження за довільною траєкторією вектора пеленгів. Ця адаптивна траєкторія забезпечить незначне відхилення від реального (заздалегідь невідомого) вектора пеленгів, та придушення перешкод до прийняттого рівня.

Фактично алгоритм стеження дає інформацію і для подальшої пеленгації витоків випромінювання. Однак, для реалізації такого алгоритму необхідно додатково врахувати апріорно задану діаграму спрямованості приймаючої антенної системи. Додатково можна використовувати інформацію про траєкторію руху БПЛА. Тоді, порівнюючи наближені значення пеленгів, що отримані з різних точок траєкторії, можна визначити як реальний пеленг, так і відстань до джерела випромінювання.

АВТОНАВЕДЕННЯ БПЛА В АВТОНОМНОМУ РЕЖИМІ ПРИ НАЯВНОСТІ РАДІОПЕРЕШКОД

*С.І. Мельник, к.т.н., доц.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.;
Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с.; М.Г. Резніченко
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова
Національної академії наук України*

Однією з основних проблем управління БПЛА є радіоперешкода, що виникає внаслідок дії систем РЕБ. Сигнал від такої системи на частоті управління БПЛА призводить до втрати зв'язку з ним та необхідності переходу в автономний режим польоту.

Ми розробили систему, в якій на БПЛА розміщена система антенних елементів, що дозволяє вимірювати фазово-амплітудні характеристики сигналу, що приймається, на частоті сигналу управління БПЛА. У

запропонованій конструктивній схемі вона складається з одного центрального і чотирьох симетрично розташованих щодо нього дипольних елементів.

Сутність алгоритму керування БПЛА полягає у тому, що вектор напрямку польоту визначається на підставі вимірювання різниці фаз між центральним елементом антенної системи і чотирма симетрично (у вершинах квадрата) розташованими елементами. Алгоритм розрахунку розроблено таким чином, що вектор потрібного напрямку польоту завжди направлений на максимум потужності усередненого сигналу від усіх витоків радіовипромінювання. При наближенні до одного з витоків ваговий внесок інших стає дуже малим. Тому при втраті зв'язку із оператором система автонаведення завжди точно виявляє найпотужну або найближчу штучну радіоперешкоду.

ДАТЧИК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ МАЛОГАБАРИТНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДКРИТОГО РЕЗОНАТОРА

*І.К. Кузьмичов, д.ф.-м.н., проф.; О.О. Костенко, к.ф.-м.н., с.н.с.;
О.А. Войтович, к.т.н., доц.; О.С. Лукаш
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Ефективність використання автоматизованих (автоматичних) систем (штучного інтелекту) для управління технологічними процесами в різних галузях економіки в значній мірі залежить від точності методів вимірювання різного роду параметрів фізичних об'єктів. Зокрема, важливо вимірювати величину малих порівняно з розмірами об'єкта величини його механічного зсуву. Одним із найдешевших та найбезпечніших для людей методів вимірювання є метод з використанням дистанційного зондування.

В наш час для цього найчастіше використовується лазерна технологія. Основним елементом структурної схеми вимірювальної установки є інтерферометр Майкельсона та його різні модифікації. Ці пристрої забезпечують високу точність (<1 мкм), однак в умовах оптичної непрозорості (загазованість, задимленість, пил та інші фактори) їх використання суттєво обмежене. Тому доцільно використовувати мікрохвильовий діапазон, де простіше забезпечити високу просторову роздільовальну здатність з використанням відкритого резонатора.

В доповіді наведені результати експериментального дослідження параметрів відкритого резонатора з діелектричною лінзою та двома дзеркалами з апертурним елементом зв'язку.

ВИКОРИСТАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ ВІДБІВАЧІВ У ВІДКРИТИХ РЕЗОНАТОРАХ ДЛЯ ЗБУДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ КОЛИВАНЬ

*І.К. Кузьмичов, д.ф.-м.н., проф.; О.С. Лукаш;
О.А. Войтович, к.т.н., доц.; С.М. Лабазов
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Метою досліджень було виявлення особливостей поведінки коливань типу “стрибаючий м'ячик” та поверхневих коливань у відкритих резонансних системах з криволінійними відбивачами, які входять до складу хвилеводної

лінії передачі. Основне завдання: встановлення фізичних особливостей і закономірностей взаємодії об'ємних коливань типу "стрибаючий м'ячик" та поверхневих коливань у відкритих резонансних системах з криволінійними відбивачами.

Для вирішення поставлених у роботі завдань використано методи квазіоптики. При вимірюванні структур електричних полів розглянутих типів коливань застосовувався метод пробного тіла. Інтерпретація результатів експериментальних досліджень резонансних коефіцієнтів передачі відкритих коливальних систем і фізичних явищ, що в них відбуваються, використовуються відомі методи НВЧ вимірювань.

Основний результат досліджень: виявлено, що на криволінійних поверхнях відбивачів декількох типів резонаторів можуть збуджуватися поверхневі коливання, які за певних умов взаємодіють з коливанням резонатора типу "стрибаючий м'ячик".

Необхідно також враховувати цей факт, тому що його ігнорування може стати причиною отримання невірних результатів при вимірюванні електрофізичних параметрів різних середовищ, зокрема твердих діелектриків.

ПОЗАОСЬОВЕ ПІДСВІЧУВАННЯ ЦІЛЕЙ НАД МОРЕМ У РЛС З НАДРОЗДІЛЬНОЮ ЗДАТНІСТЮ

Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.;

О.В. Букін, к.ф.-м.н., с.н.с.; В.А. Зуйков

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Робота пов'язана з вирішенням проблеми підвищення точності вимірювання кутів місця цілей поблизу поверхні моря. У цих умовах методи надроздільної здатності, такі як "root-MUSIC" та ін., успішно впораючись із перешкодами багатопроменевого поширення, залишаються під впливом шумів приймальних каналів. Найнебезпечніша ситуація виникає під час локалізації цілі в інтерференційних мінімумах поля підсвічування.

Для запобігання цьому нами запропоновано й досліджено метод, за якого вісь сформованої діаграми направленості АФАР при зондуванні встановлюють вище за напрямок на ціль.

Дослідження проводилося шляхом комп'ютерного моделювання з використанням теорії "блискучої поверхні" (D. K. Barton) за умов: висота РЛС над морем – 25 м; цілі – 10 м; вертикальне розкриття АФАР – 2,5 м; довжина робочої хвилі – 3,2 см, хвилювання моря – 1...4 бали; апертурна функція АФАР – прямокутна; ширина діаграми по куту місця $\Theta_{0,5} = 0,65^\circ$.

Встановлено, що для отримання найменшої ймовірності глибоких завмирань сигналу підсвічування цілі, кут осі випромінювання має бути $0,7 \pm 0,1 \Theta_{0,5}$ над поверхнею.

Розглянемо квантілі порядку 10^{-3} розподілів рівня підсвічування цілі щодо вільного простору на відстані $\sim 3,1$ км (мінімум поля, кутова висота цілі $\sim 0,29 \Theta_{0,5}$). При хвилюванні 2 бали і наведенні осі антени на ціль він дорівнює $-11,6$ дБ, а за підйому осі на кут $0,7 \Theta_{0,5}$ – $-4,8$ дБ. При 3-4 балах – відповідно $-11,4$ дБ та $6,0$ дБ. Таким чином, збільшення підсвічування цілі в мінімумі поля встановлює близько 6 дБ.

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПЕЛЕНГУ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ В УМОВАХ СКЛАДНОЇ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ

*О.В. Букін, к.ф.-м.н., с.н.с.; Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с.;
С.І. Мельник, к.т.н., доц.; Ю.О. Педенко, к.ф.-м.н., с.н.с.
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Метою досліджень є підвищення точності виміру пеленга на джерело випромінювання в умовах складної інтерференційної обстановки, яка обумовлена відбиттям радіохвиль близько розташованим біля пеленгаційної антени природнім рельєфом місцевості (гори, пагорби), високі дерева, щільна забудова, об'єкти автомобільної техніки, портові крани, кораблі в акваторії морських портів, є актуальною задачею. Фазові пеленгатори в таких складних умовах класичними методами працювати практично не мають можливості. В таких умовах для ефективної роботи пеленгатора формується база даних фазових співвідношень для різних азимутальних і кутомісцевих напрямків. Потім при прийому радіосигналу отримані фазові співвідношення порівнюються з базою даних і знаходиться азимут і кут місця, який найбільш точно відповідає отриманим фазовим співвідношенням.

Пропонується створення на базі безпілотного літального апарату гелікоптерного типу обладнання для оперативного створення бази даних фазових співвідношень на елементах антен фазового пеленгатора. На борту такого безпілотного апарату повинні бути генератори радіохвиль, які перекривають всі частотні діапазони пеленгатора, модулі GPS-орієнтації для з'ясування координат безпілотного апарату і апаратура для створення каналу зв'язку з пеленгатором.

ВПЛИВ БЛИЗЬКО РОЗТАШОВАНИХ БУДІВЕЛЬ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПРИХОДУ РАДІОХВИЛІ

*О.В. Букін, к.ф.-м.н., с.н.с.; Г.І. Кошовий, к.ф.-м.н., доц.;
Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с.; Ю.О. Педенко, к.ф.-м.н., с.н.с.
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Метою досліджень була перевірка розрахунковими методами впливу близько розташованих біля пеленгатора щільних забудов на точність кутів приходу радіохвилі. Серед найбільш вагомих причин впливу близько розташованих біля пеленгатора радіосигналів значної кількості будівель можна виділити дві.

Перша – спотворення структури радіосигналу за рахунок розташування будівель у місцях, вагомих для формування сигналу зон Френеля.

Друга причина – це інтерференція радіохвиль у точці прийому з урахуванням багатьох зон розсіювання та дифракції, які розташовані на будівлях.

В даній роботі розглядається тільки перша причина.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що вплив будівель на точність виміру кутів приходу електромагнітних радіохвиль, який пов'язаний з затіненням частини зони, яка є важливою для поширення

електромагнітної радіохвилі, не є значною. Це заходить у протиріччя практиці застосування пеленгаторів радіосигналів. Таким чином, можна припустити, що інтерференція електромагнітних радіохвиль в точці прийому під впливом будівель розташованих поблизу приймальної антени пеленгатора радіосигналів, є домінуючою.

ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ АЗИМУТАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ

*О.В. Букін, к.ф.-м.н., с.н.с.; І.І. Дейнека;
Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с.; М.Г. Резніченко
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Метою досліджень було з'ясування технічних особливостей визначення азимутальних координат джерела випромінювання. При вирішенні такого завдання треба вирішити ряд завдань.

По-перше, треба з'ясувати вид джерела випромінювання і його основні характеристики, такі як потужність і частота.

По-друге, вибрати відстань між антенними системами двох каналів, яку називають базою.

По-третє, треба розробити блок-схему функціонування фазового вимірювача, яка повинна враховувати характеристики радіосигналу, особливості поширення радіохвиль вибраного діапазону радіохвиль, умови інтерференції радіохвиль з елементами навколишньої обстановки і урахувати особливості схемотехнічних рішень.

В четверте, провести необхідні розрахунки для визначення рівнів сигналів на вході підсилювачів, фільтрів, змішувачів, дільників потужності, ліній затримки, фазових детекторів.

Також треба написати необхідне програмне забезпечення для мікроконтролера для вирахування через різницю фаз в двох каналах кута приходу радіохвилі і організувати необхідні сигнали керування периферійним обладнанням в залежності від вимірюваних кутів приходу радіохвилі.

Проведені дослідження підтвердили роботоздатність приладу і відповідність його інструментальних характеристик попереднім розрахункам. Одночасно були виявлені особливості застосування приладу, зокрема оптимальні типи антен, вплив вибору бази між антенами, вплив навколишньої обстановки на точність виміру кутів приходу радіохвиль.

ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕПАРАМЕТРИЧНИХ ТА ПАРАМЕТРИЧНИХ АКУСТИЧНИХ ПЕЛЕНГАТОРІВ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЗАВАД

*О.В. Соболяк, к.ф.-м.н.; В.І. Луценко, д.ф.-м.н., проф.;
І.В. Луценко, к.ф.-м.н., ст.д.; В.О. Тріфанов
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

У сучасному світі безпілотні літальні апарати (БПЛА) набувають все більшого поширення, що зумовлює необхідність ефективного їх виявлення. Акустичні методи, базуючись на аналізі звукових сигналів, є перспективними

для вирішення цієї задачі. Вплив акустичних шумів довкілля суттєво ускладнює процес виявлення та пеленгування БПЛА. В ході дослідження було проведено імітаційне моделювання системи акустичного пеленгування з використанням двох схрещених антенних решіток. Розглядалися різні типи шумових завад (корельовані/некорельовані, пориви вітру/сталий вітер). Для обробки сигналів використовувалися параметричні та непараметричні (знаковий та знаково-аналоговий корелятори) методи. Оцінювалися середньоквадратичні та систематичні похибки пеленгування. Результати, отримані при дослідженні: 1) при високому співвідношенні сигнал/завада (60, 40, 20 дБ) пеленгатор забезпечує точне визначення пеленгу, зі зменшенням цього співвідношення з'являються та зростають похибки; 2) використання більшої довжини сегмента (більше 4096 відліків) підвищує стійкість до завад; 3) корелятори виявилися більш стійкими до некорельованих завад, шум поривів вітру має менший негативний вплив, ніж шум сталого вітру; 4) параметричні та непараметричні методи показали схожі результати в умовах різних завад. Результати дослідження можуть бути використані для розробки більш точних та надійних систем акустичного виявлення БПЛА.

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ MUSIC ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ГЕОРАДАРА

*О.В. Букін, к.ф.-м.н.; Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с.;
М.Г. Резніченко; О.В. Дробна*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Одним із важливих завдань георадіолокації є пошук металевих і неметалевих об'єктів розміром 5 – 30 см під поверхнею ґрунту. Зондувальний сигнал георадара має широкий спектр. Це необхідно для отримання заданої роздільної здатності. Для пошуку предметів з вище наведеним розміром на глибині до 1 метра найбільше доцільно використовувати зондуючий сигнал з широким спектром, що знаходиться в діапазоні частот 500 МГц - 3 ГГц. Теоретично, у цьому разі роздільна здатність радіолокатора за дальністю в повітрі становить 6 см, у ґрунті – до 2 см. Однак, використання такої широкої смуги частот ускладнене через дисперсійні властивості ґрунту. Традиційно застосовуване для обробки відбитого зондувального сигналу перетворення Фур'є так само привносить негативний внесок в отримання необхідної роздільної здатності георадара через ефект “розтікання” спектра після перетворення. Для отримання необхідної (щонайменше 5 см) роздільної здатності георадара в ґрунті, за ширини спектра зондувального сигналу, що міститься в діапазоні частот 500 – 1008 МГц, було запропоновано використовувати для обробки відбитого зондувального сигналу алгоритм спектрального оцінювання MUSIC.

Математичне моделювання обробки відбитого зондувального сигналу за допомогою алгоритма MUSIC, стосовно до багаточастотного когерентного георадара, засвідчило збільшення роздільної здатності георадара щонайменше в 3 рази порівняно з перетворенням Фур'є: 30 см (Фур'є) і 10 см (MUSIC) у повітрі та 10 см (Фур'є) і 3.3 см (MUSIC) у ґрунті.

ДАЛЬНІСТЬ ВИЯВЛЕННЯ МОРСЬКИХ ЦІЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ РАДІОМЕТРА

А.А. Могола¹, к.ф.-м.н.; В.П. Мальцев¹, к.т.н.; Г.О. Руднев¹; С.В. Миронюк²

¹Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова

Національної академії наук України;

²Державне підприємство “КБ “Південне” ім. М.К. Янгеля

Досліджувався радіотепловий контраст морських цілей на фоні морської поверхні для різних умов спостереження та параметрів апаратури у 8-мм діапазоні. Розглядалися надводні цілі тонажністю 33000, 22000, 11000, 4500, 3500, 2000 та 1000 тон. Розрахунки виявили, що:

– для відбиваючої цілі краще використовувати вертикальну поляризацію, а для випромінюючої – горизонтальну;

– дальність виявлення відбиваючої цілі при збільшенні хвилювання з 3-х до 5-ти балів збільшується у порівнянні з випромінюючою до декількох сотень метрів залежно від траєкторії руху датчика. Відхилення дальності виявлення для різних траєкторій не перевищує 10%;

– за ясної погоди випромінююча ціль, тонажністю 3500 тон виявляється за $2,83 \div 2,88$ км, а відбиваюча – $2,5 \div 2,65$ км. Для цілі тонажністю 22000 тон дальність виявлення за ясної погоди більша і становить $7,95 \div 8,2$ км для випромінюючої та $6,9 \div 7,6$ км для відбиваючої цілі;

– як для випромінюючої, так і для відбиваючої цілі при дощовій погоді дальність виявлення зменшується в 2 – 2,4 рази порівняно з дальністю виявлення за ясної погоди.

Методика та результати можуть використовуватися для аналізу та визначення дальності виявлення цілей на фоні морської поверхні в різних погодних мовах за допомогою радіометричного датчика зовнішньої інформації.

ОСОБЛИВОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ПОШУКУ ПІДПОВЕРХНЕВИХ ОБ’ЄКТІВ

О.В. Букін, к.ф.-м.н.; Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с;

М.Г. Резніченко; О.В. Дробна

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова

Національної академії наук України

Радіолокаційний пошук будь-яких об’єктів під поверхнею ґрунту пов’язаний із певними труднощами. Ґрунт характеризується великим загасанням радіохвиль, яке залежить від електричних характеристик компонентів ґрунту. Для досягнення необхідної роздільної здатності за глибиною необхідно використовувати широкосмуговий зондувальний радіосигнал. Однак, зі збільшенням частоти зондувального сигналу, збільшується і його загасання в ґрунті, яке може перевищувати 100 дБ на

погонний метр. Тому смугу частот зондувального радіосигналу необхідно визначати, виходячи з конкретного завдання і з урахуванням вищесказаного.

Для пошуку під поверхнею ґрунту металевих і діелектричних об'єктів, що мають лінійні розміри понад 30 см, з урахуванням електричних характеристик передбачуваного ґрунту, було запропоновано використовувати багаточастотний зондувальний радіосигнал у діапазоні частот 500-1008 МГц.

Багаточастотним когерентним георадаром у запропонованому діапазоні частот було проведено тестове зондування, результатом якого стало виявлення в товщі ґрунту попередньо закопаних наступних об'єктів: металевого циліндра діаметром 30 см і горизонтально розташованої металеві труби довжиною 100 см на глибині 50 см, діелектричного циліндра діаметром 30 см на глибині 20 см.

СЕКЦІЯ 16

КОСМІЧНА ПІДТРИМКА ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ В ХОДІ ВІДБИТТЯ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ

Керівники секції: полковник Юдін С.О.;
к.т.н. доц. підполковник Таран І.А.
Секретар секції: пр. ЗС України Борцова М.В.

TAKING INTO ACCOUNT FEATURES OF SYNTHETIC APERTURE RADAR SATELLITE REMOTE SENSING IN SPACE SYSTEMS CAPABILITIES ASSESSMENT

S. Yudin¹; O. Havrutenko²;

O. Rybachuk³, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Main Command Center of the Armed Forces of Ukraine;

*²Ministry of Defense's Center for Innovation and Development
of Defense Technologies;*

³Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The primary distinction of radar imaging satellites is that all of them are equipped with synthetic aperture radars (SARs). SARs, compared to electro-optical sensors, have a number of undeniable advantages: independence of the obtained space radar imagery quality from the time of day, weather conditions, lighting and visibility of an observed object or area; combination of a wide coverage swath and a relatively high spatial resolution of space radar images at large distances; the ability to determine surface properties (for example, the degree of soil moisture, the thickness of snow, ice or vegetation cover). The most serious disadvantage of SAR satellite remote sensing is its vulnerability to active and passive jamming. Often it is expressed in the form of speckle distortion, which severely complicates classification of objects in an image. That's why, evaluation of SAR satellite remote sensing effectiveness should take into account particular space radar images characteristics, such as dependence of the observed object image contrast on its radar cross section, as well as on level of additive active and passive jamming and multiplicative (speckle) noise. The technique for correct classification probability evaluation of an observed object in a radar image using the Contrast-to-Noise Ratio (CNR) indicator is proposed. Based on the results of a radar imaging space system modeling the influence of active jamming on probability of correct classification of various types of observed objects was studied.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE RATIONAL LOCATION OF SURVEILLANCE EQUIPMENT

*I. Taran, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Shyt
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In many applied tasks, it is necessary to rationally place some objects on the ground. This concerns space surveillance, reconnaissance, electronic warfare and communications equipment. In existing methods and software products, as a rule, assets are placed manually, after which the effectiveness of the created grouping is

evaluated in some way. There are approaches to automated asset placement. For example, a methodology has been developed for the rational placement of control and correction stations of the differential correction system. In this methodology, stations are placed based on the condition of limiting the specified value of the maximum distance from the consumer to at least one of the stations and on the condition of minimizing the number of stations while fully covering the area of a given region. Under such conditions, the coverage area of each station on the ground is considered circular, i.e. the range does not depend on the terrain, the presence of obstacles, and is constant in all directions.

In many applications, the area of operation of an asset is not circular. For example, when determining the coverage areas of air-space surveillance and electronic warfare assets (hereinafter referred to as surveillance assets), it is necessary to take into account the terrain. And, while it is not a difficult task to manually place a single asset to ensure the maximum size of the coverage area, the rational placement of a group of means is a difficult task.

A methodology for determining the rational placement of surveillance assets group has been developed. The ratio of the total area of the coverage area of a surveillance stations group to the area of a given region of the terrain is chosen as the optimality criterion. The coverage area of the stations is calculated taking into account the terrain using hgt-files. A genetic algorithm is used to determine the rational location of the stations.

USING THE EARTH REMOTE SENSING DATA FOR FORMING REFERENCE IMAGES OF THE MOBILE ROBOTS' LOCALITY AREA

*O. Sotnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
Ye. Karmannyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. Bezverkhyi*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The locality of mobile robots which are equipped with optoelectronic correlation-extreme navigation systems is carried out by forming a decisive function based on comparing the corrected current image with a totality of reference images (RE), which are advance formed in depending on the spatial position and orientation of the mobile robots relative to the binding object. At the same time, the accuracy of mobile robots' locality depends on many factors, among which the quality of RE formation is important.

One possible way to form an RE is to use space images, which are formed by the Earth remote sensing. But, taking into account the small altitudes of mobile robots' exploit, these data cannot be used directly to form the RE, which is due to the curvature of the earth's surface. Therefore, in order to correctly form an RE that will respond to the current image, an algorithm for transforming the information obtained through of the Earth's surface remote sensing was developed.

The algorithm is based on using a second-degree polynomial and finding the coefficients necessary for the correction of the RE. Finding the necessary coefficients is proposed to be carried out using the coordinates of several of the brightest objects in the space image. It was established that the number of pairs of bright objects in the images must be at least six. Next, the coordinates of bright objects clarification and the formation of the relevant RE are carried out. Thus, by

eliminating nonlinear distortions of data obtained through the Earth remote sensing, high accuracy of RE formation is ensured, which, under other influencing factors, will ensure the minimum error value in mobile robots' locality.

DETERMINING OF SOIL TRAFFICABILITY IN REGIONS WITH SEASONAL FROSTS USING DATA OF WEATHER FORECAST SERVICES

*M. Bortsova; V. Vorotintsev; N. Shyhimaha
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the warfighting conditions the ability of military vehicles to move quickly through off-road terrain is crucial. In regions with seasonal frosts, not only the type of soil and its moisture, but also freezing and thawing of the soil should be taken into account when estimating trafficability. Trafficability of vehicles over frozen soil is determined, as a rule, by the depth of freezing, which is estimated as the product of the cold content, a coefficient that depends on the type of soil, and a coefficient that takes into account the depth of the snow cover. The cold content is calculated as the sum of centigrade minus average daily temperatures, multiplied by the number of successive days when the temperature was below 0°C. Similarly, the depth of soil thawing is calculated, while the heat content is defined as the sum of positive average daily temperatures multiplied by the number of successive days when the temperature was above zero. A disadvantage of this approach is that it is necessary to have a significant archive of average daily temperatures for the area of interest over a fairly long period of time to be able to estimate freeze-thaw depth.

Therefore, it is suggested to use soil temperature data provided by some weather forecast services to determine the depth of soil freezing and thawing. For example, the Open Meteo API provides soil temperature data at depths of 0 cm, 6 cm, 18 cm, and 54 cm for any point on the Earth's surface in increments of at least 11 km. Interpolation (for example, linear) of such data gives the zero crossing points. If the temperatures at depths less than the zero crossing depth are negative (the derivative at the zero crossing point is positive), then the zero crossing point will correspond to the depth of soil freezing. If the temperatures at depths less than the zero-crossing depth are positive (the derivative at the zero-crossing point is negative), then the zero-crossing point can be considered the depth of soil thawing. To determine the thickness of the frozen layer, it is necessary to find the zero crossing point next in depth of thawing in the direction of increasing depth and calculate the difference in depths. Analysis of soil temperature distribution allows producing maps of soil freezing and thawing, as well as maps of the depth of the frozen layer for regions where there is a thaw.

REGARDING MODERN COUNTER-SPACE CAPABILITIES

A. Andriushchenko; O. Oleksenko, Ph.D.;
H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Rapid technological changes, the development of weapon systems based on new physical principles utilizing quantum, information, space, hypersonic technologies, as well as artificial intelligence technologies, alongside the processes of space militarization and the demands imposed by modern technological warfare, highlight

the issue of protecting national interests in space. This, in turn, necessitates the deployment of national space systems and ensuring their security.

Defense in space is becoming a crucial area of security for leading nations. Modern counter-space systems and technologies are categorized into several types, each with its own advantages, challenges, and implications for global security.

Kinetic Anti-Satellite Systems (Kinetic ASAT) physically destroy enemy satellites using missiles or maneuverable objects.

Non-Kinetic Anti-Satellite Systems (Non-Kinetic ASAT) do not physically destroy satellites but employ electronic or cyber-attacks to disable them. These systems are becoming the primary tool of "silent" warfare in space.

Ukraine possesses significant scientific and technological potential in the space sector, but its counter-space defense capabilities are currently limited. Fundamental documents on national security and defense of Ukraine do not include a separate space defense strategy. Considering modern challenges, Ukraine can develop its own counter-space technologies only through cooperation with international partners. The primary focus of this cooperation should be the creation and further development of the military-space component of the Defense Forces.

A FUZZY COGNITIVE MODEL FOR DETERMINING THE MOST APPROPRIATE DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF SPACE SYSTEMS IN CONDITIONS OF LIMITED RESOURCES

*O. Vorobiov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
T. Dzeverin; O. Solonets, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

As a result of earlier studies, a methodical approach was proposed for determining the most appropriate directions for the development of space systems in conditions of limited resources. It was shown that the relevance of a certain space system or its elements varies depending on the direction of their application for combat and other tasks, and sometimes the content of these tasks can change. It was also shown that the process of determining the directions of space systems development in conditions of limited resources is influenced by a number of factors, most of which have a fuzzy non-stochastically uncertain nature. This means that the determination process takes place in a fuzzy and non-stochastically uncertain environment. Such a process is not subject to formalization and is weakly structured.

If the process takes place over time in a fuzzy and non-stochastically uncertain environment, then it can only have a fuzzy description. That is why it is proposed to use fuzzy cognitive modeling, which is based on a fuzzy cognitive map, as a model for determining the most appropriate directions for the development of space systems in conditions of limited resources. The cognitive map contains the defined goal of the study: the selection of the most appropriate directions for the development of space systems. It also contains the most significant factors that influence the selection process. Each of these factors acts both as a cause and as an effect. Therefore, cognitive modeling provides a causal analysis of the determination process. Causal description is given by membership functions of fuzzy binary relations of cause and effect. Each carrier (factor) of a fuzzy subset acts as a cause, and the value of the membership function has the content of the "power of influence" of the corresponding factor on the achievement of the research goal,

which is taken into account when expressing a subjective opinion by an expert when making a decision regarding the value of the membership function of a fuzzy binary relation in accordance with the cognitive map.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF FOURIER TRANSFORM CALCULATION ON CUDA GRAPHICS PROCESSORS

D. Rekunenko¹; M. Bortsova²

¹Main Command Center of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Earth remote sensing data are widely used in planning and conducting military operations, as they can timely provide reliable information about large, including hard-to-reach, areas. One of the methods often used in satellite image processing is the fast Fourier transform (FFT). Translating the image into the frequency domain allows filtering noise, highlighting objects of interest, and analyzing the spectrum in order to determine the textural characteristics of objects. Also, FFT is used to speed up convolution calculation in correlation analysis, synthesizing synthetic-aperture radar images etc.

The problem researchers are faced is that FFT is rather time-consuming. In recent years, graphics processors (GPUs), especially processors that use CUDA technology, have been increasingly used to speed-up calculations. Thanks to the features of the GPU architecture, calculations that are performed sequentially on the central processing unit (CPU) are performed in parallel on the processor with CUDA technology. However, there is a problem of data exchange between CPU and GPU. Experience shows that, under certain conditions, the time loss caused by data exchange exceeds the gain obtained by parallel computing. The report presents the results of the comparative study of the efficiency of FFT calculation on CPUs and GPUs. It is shown that the use of GPUs is appropriate only for a certain range of satellite image sizes.

APPLICATION OF THE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM TO THE SEGMENTATION OF IMAGES FROM SPACE OPTICAL-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEMS

O. Makoveichuk¹, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Butko¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;

I. Khizhnyak², Candidate of Technical Sciences;

H. Khudov², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹HEI Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Automatic image processing plays an important role in modern space optical-electronic surveillance systems. In particular, much attention is paid to automated processing methods. It has been established that segmentation is a key task for detecting objects of interest in images.

The authors proposed using metaheuristic algorithms, notably the particle swarm optimization algorithm (PSO), to solve the image segmentation problem from space optical-electronic surveillance systems. This choice was made after studying and distinguishing the main principles of this algorithm, namely, the use of a collection

of particles moving in the search space and updating their positions based on personal experience and the experience of neighbors and the possibility of using it to optimize functions, including image segmentation.

The technique of using PSO for segmentation of optical-electronic images is presented, which includes three main stages:

1. Formulation of the segmentation problem as an optimization problem.

2. Definition of the fitness function.

3. Comparison of the effectiveness of PSO with traditional methods, for example, K-means, threshold segmentation, and clustering.

The results obtained and the performed analysis showed high segmentation accuracy when using PSO, which could be used in real-time for automated analysis of images from space optical-electronic surveillance systems. The main disadvantage is high computational costs and, as a result, a decrease in image processing speed. However, in the case of processing images from space optical-electronic surveillance systems at specialized computing stations, this disadvantage can be ignored.

Therefore, applying the particle swarm algorithm in the segmentation of images from space systems makes it possible to increase the accuracy of the analysis, reduce the number of errors, and automate the object detection process. Further research may combine PSO with neural network methods to improve segmentation adaptability.

IMAGE SEGMENTATION METHOD IN FPV DRONE TARGETING SYSTEMS BASED ON PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM

I. Khizhnyak, Candidate of Technical Sciences;

H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

I. Yuzova, Candidate of Technical Sciences;

Y. Solomonenko, Candidate of Technical Sciences

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern FPV (First-Person View) drones are widely used in military and civilian fields for precise targeting and navigation. An important role in increasing their effectiveness is played by automated image segmentation, which allows for the detection of target objects in real time. One of the promising methods is the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm, which demonstrates high accuracy and adaptability in difficult conditions.

The working principle of the PSO algorithm, which is based on modeling the collective behavior of particles in the search space, is presented. PSO algorithm uses the principles of self-organization to find the optimal distribution of pixels in the image and provides a balance between speed and accuracy of segmentation.

The technique of applying PSO algorithm in FPV drones is described, which includes the stage of formulating segmentation as an optimization problem (minimizing the internal dispersion of clusters) and using adaptive strategies to take into account changes in illumination and background.

Experimental studies of the application of the particle swarm algorithm in the targeting systems of FPV drones have been conducted. The research results showed the following advantages of this method: high speed of frame processing in real time, improving the accuracy of target object detection in difficult

conditions (camouflage, immunity), and efficiency in mobile and limited computing systems.

Therefore, applying the particle swarm optimization algorithm in the targeting systems of FPV drones increases the accuracy and speed of image segmentation, which is critical for the performance of tactical tasks. Further research could combine PSO algorithm with deep learning techniques to improve the system's adaptability to environmental changes.

The research has been conducted with the support of grant funding provided by the National Research Foundation of Ukraine called "Science to Strengthen Defense Capabilities of Ukraine" name of the project "Information technology for automated image segmentation of objects in targeting systems of strike FPV drones based on swarm intelligence algorithms" registration number 2023.04/0153.

THEORY AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF CET-ENCRYPTION

V. Rudnytskyi¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. Larin¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Bezverkhyi²

*¹State Scientific Research Institute Of Armament And Military Equipment
Testing and Certification;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Low-resource cryptography is widely used to protect channels of remote control of weapons and military equipment. Among the directions of development of low-resource cryptography, a special place is occupied by CET-encryption, which is based on the implementation of CET-operations (from engl. Cryptographic Encoding Theory – CET). The CET-operation, or the operation of cryptographic coding, transforms C-quanta of input information into C-quanta of the result of encryption based on the performance of elementary functions. A tuple of elementary functions is a CET-operation, and a formalized model of a tuple is a model of a CET-operation. The CET-operation implements a set of substitution tables represented by a discrete model. C-quanta are conventional units of input and output information, as well, as control information operated by this implementation of the operation (bits, bytes, words,...). C-quanta of input and output information always match and may differ from C-quanta of control information.

The main results of CET-operation research are given in six monographs. However, these publications do not fully reflect all the features of the development of CET-encryption, and do not focus on problems that have not been solved. Therefore, it is necessary to determine the directions of further research and the expected results based on the analysis of the stages of development and the current state of CET-encryption.

PROBLEMATIC ISSUES OF SITUATIONAL AWARENESS DURING SEARCH AND RESCUE ACTIONS AND EVACUATION

O. Solonets¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; M. Liebidiev²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Kharkiv National University of Radio Electronics

The experience of confronting the full-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine indicates the essential role of careful planning of search and rescue actions (operations) and evacuation of the wounded from the battlefield.

Not only the lives of those in need of rescue, but also the lives, health of personnel and the effectiveness of the tasks of search and rescue (evacuation) teams depend on their thought-out planning and organization. At the stages of planning, preparation, implementation and analysis of search and rescue actions and evacuation, the key role is performed by the situational awareness of commanders regarding the conditions and risks that accompany the specified actions or may arise later. In this case, a contradiction usually arises between the need to focus all information resources on the successful completion of the combat mission and the need to direct part of the capabilities (information resources) to situational awareness regarding the provision of search and rescue actions and evacuation. Of course, the primary source of information for commanders in the current war is aerial reconnaissance (unmanned aerial systems). Regarding their rational use, the question of reserving or redistributing resources, taking into account the above contradiction, arises. Possible risks that may arise during search and rescue actions and evacuation need to be taken into account in modern geoinformation systems and applications. The issue of rational planning of the resource of space surveillance equipment, which is sometimes the only source of information in conditions of hard electronic warfare and difficult weather conditions, also remains relevant. The problem of obtaining relevant unified information in an automated mode at the joint level requires further resolution in order to ensure effective interaction of neighboring units during search and rescue actions and evacuation.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ГЕОФІЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОДІЙ ВИБУХОВОГО ХАРАКТЕРУ

*О.І. Лящук, к.ф.-м.н.; Ю.А. Андрущенко, к.г.н.; В.І. Осадчий
Головний центр спеціального контролю НЦУВКЗ ДКА України*

Головний центр спеціального контролю (ГЦСК) має на озброєнні ряд методів геофізичного моніторингу, які здатні ресструвати імпульсні сигнали від вибухоподібних джерел. Наявність такої інформації може бути одним із дієвих способів покращення ситуаційної обізнаності як на полі бою так і в глибокому тилу. ГЦСК має розгалужену мережу пунктів спостереження, що дозволяє виявляти та проводити швидку оцінку наслідків застосування агресором ракетно-бомбових ударів на території України. Отримана інформація є об'єктивним доказом учинених злочинів, та є важливою частиною кримінальних розслідувань.

Разом з тим інформація про вибухові події на території ворога може бути застосована для об'єктивного дистанційного контролю застосування засобів ураження сил оборони. Відомим прикладом такої події є влучання українських БПЛА в склади боєприпасів поблизу м. Торопець 18.09.2024 року. Результат детонації зафіксований і міжнародними геофізичними службами. За даними ГЦСК виявлено декілька десятків вибухів, потужність яких була співставна із слабкими землетрусами. Основна надана інформація – час, місце та потужність кожного виявленого вибуху.

Слід відмітити, що обладнання ГЦСК, яке опинилося в зоні бойових дій, фіксувало події значно меншої потужності на відстанях десятків кілометрів. Так як окремих елементів системи має можливість оцінювати в реальному часі місце події, то його інформація була використана для швидкого виведення

БПЛА в регіон ведення ворожого вогню. Масштабування подібної практики та системне використання може бути корисним для підвищення ефективності використання БПЛА.

SOFTWARE MODULE FOR OPTIMIZING THE LOCATION OF SURVEILLANCE EQUIPMENT WITH REGARD TO THE TERRAIN

Ye. Karyagin¹; O. Shyt²

¹Directorate of Digital Transformation in the Defense Sector;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The rational placement of objects on the Earth's surface is a fairly broad cluster of optimization problems of applied importance. Approaches to automating the tasks of optimizing the coverage of objects, in which such objects have fixed parameters at any point of the target area of the Earth's surface, are well covered. However, for a significant number of tasks, such simplifications are not acceptable.

As part of the work on a prototype methodology for determining the rational location of surveillance equipment, the coverage area of which depends on the terrain, a software module was created to automate calculations. The module was implemented using the Python programming language as a plug-in for the QGIS geographic information system. This geographic information system was chosen for the basis for the software module as it has software tools for automating actions with different coordinate systems and geometric and geographic primitives. For example, automation of calculating the total coverage of a grouping of assets in cases where certain areas are covered by several assets. In addition, QGIS is convenient for graphical display for visual verification of both the output results and the terrain with preservation of geographic references and the ability to export results in different coordinate systems and in files with different extensions.

As the main input data the developed software module receives information about the terrain from an hgt-file, a bounding polygon of the target coverage area, and a bounding polygon of permissible asset locations. The optimization approach is based on a genetic algorithm. The effectiveness criterion is to maximize the coverage area of the target area by a grouping of fixed number of assets.

КОСМІЧНА ПОГОДА І ЇЇ ВПЛИВ НА ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ЗС УКРАЇНИ

О.І. Ляшук, к.ф.-м.н., ст.д.; О.С. Парновський, к.ф.-м.н., с.н.с.

Головний центр спеціального контролю НЦУВКЗ ДКА України

Вплив сонячної активності та подій космічної погоди можливий на усі види короткохвильового радіозв'язку, глобальні навігаційні супутникові системи, системи супутникового зв'язку, а також будь-які інші системи, що використовують у своїй роботі одну або декілька систем, наведених вище, наприклад дистанційно пілотовані літальні апарати (неавтономні БПЛА).

Існують три основних канали впливу сонячної активності на Землю та навколосемне космічне середовище: 1) іонізуюче рентгенівське та екстремальне ультрафіолетове випромінювання; 2) потоки високоенергетичних частинок; 3) великомасштабні плазмові структури в сонячному вітрі.

Сили оборони України вже стикалися із впливом космічної погоди на ведення бойових дій. Так російський наступ на Харківщині 10 травня 2024 року співпав за часом з екстремально сильною геомагнітною бурєю, яка супроводжувалась сильними радіозавадами від Сонця. В цей день почали масово надходити скарги з фронту про відмови Starlink та втрати БПЛА, які були синхронні з повідомленнями про перебої у радіозв'язку в інших частинах земної кулі. Безумовно, втрата зв'язку за допомогою Starlink, який є де-факто основним, а подекуди і єдиним, каналом зв'язку, суттєво обмежила ефективність дій українських бойових підрозділів в обороні.

Тож залучення інформації космічної погоди про надійність радіозв'язку та систем супутникової навігації у плануванні підрозділами своєї бойової роботи є достатньо актуальним завданням. Інформацію про стан космічної погоди надає Головний центр спеціального контролю, однак вона не досягає безпосередніх кінцевих військових користувачів і не використовується ними в бойовій роботі, що пропонується виправити.

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ З РЕГІОНАЛЬНИМИ ЦЕНТРАМИ ТА ПУНКТАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ГОЛОВНОГО ЦЕНТРУ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

А.В. Кошель¹, к.т.н., доц.; Т.А. Позовна²

¹АСП “Харків”;

²АСП “Золотарівка”

Характерною тенденцією в даний час в області захисту інформації є впровадження криптологічних методів для запобігання несанкціонованого доступу. За останні роки суттєво збільшилася кількість хакерських атак на різного роду системи та бази установ України. Однак на цьому шляху багато ще невирішених проблем, пов'язаних з руйнівним впливом на криптозасоби таких складових інформаційної зброї, як комп'ютерні віруси, логічні бомби, автономні реплікативні програми. Об'єднання методів лінгвістичної стеганографії і криптографії є можливим виходом з положення, що створилося. У цьому випадку можна усунути слабкі сторони відомих методів захисту інформації і розробити більш ефективні, нові нетрадиційні методи забезпечення інформаційної безпеки. Проаналізувавши всі нині відомі методи лінгвістичної стеганографії та оцінивши засоби їх використання, було обрано синтаксичний метод на основі пунктуації для здійснення приховування інформації у текстових контейнерах.

Дослідження найбільш розповсюджених відомих методів допомогли охарактеризувати та визначити межі застосування, виявити недоліки та переваги окремих алгоритмів та обрати перспективний і неординарний напрямок для подальшої його реалізації, застосування у роботі Головного центру спеціального контролю (ГЦСК) під час обміну інформацією з регіональними центрами та пунктами спостереження, розташованими по всій території нашої країни. Аналіз пунктуаційної варіативності української мови дав поштовх для вибору методу кодування та вибору окремих розділових знаків для використання у процедурах приховування та вилучення повідомлення. Було проведено ряд досліджень для обраного синтаксичного методу лінгвістичної стеганографії. Аналіз типів контейнерів виявив найбільш рекомендовані у застосуванні для даних цілей, а аналіз часових рамок (вимоги щодо оперативності прийняття рішень на командному пункті) допоміг у

визначенні методів щодо покращення алгоритму вбудовування. Аналіз відомих атак на стеганографічні системи сприяв більш детальному підходу щодо вибору типів текстових контейнерів і вибору самого алгоритму вбудовування та вилучення інформації.

Практична цінність досліджень у ході повсякденної роботи на периферійних пунктах спеціального контролю полягає у розробці запропонованих алгоритмів із можливістю їхнього подальшого вдосконалення. Проведено аналіз атак на стеганографічні системи та оцінка особливостей всіх атак, що розуміє під собою відсутність модифікації вбудованих повідомлень для забезпечення непомітності своєї дії.

Дослідження, що проводяться в ході експлуатації апаратури АСП “Золотарівка”, допомагають виявити переваги та недоліки методів приховування, складність реалізації та оцінити роботу даного методу.

Встановлено, що за три роки експлуатації АСП “Золотарівка” неодноразово виявлялись спроби сторонніх користувачів підключитися до мережі зв’язку АСП з ГЦСК з метою перешкодити виконанню завдань ЗС України. Тому вище викладені напрями досліджень є і будуть актуальними зараз і в майбутньому.

КОСМІЧНЕ ОПЕРАЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ (КОСМІЧНИЙ ДОМЕН): ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ СВІТОВОЇ КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗА 2024 РІК

Д.М. Випорханюк; І.А. Беспалко, к.т.н.;

А.А. Завада, к.т.н., с.н.с.; М.П. Романчук, к.т.н., ст.д.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Узгоджене, одночасне і взаємозалежне ведення бойових дій у різних фізичних середовищах (доменах) – на суходолі, у морі, в повітрі, космосі, кіберпросторі – є важливим трендом сучасної збройної боротьби. Космічне операційне середовище або космічний домен (en: space domain) визначається важливим фактором інформаційного забезпечення дій військ (сил), що забезпечує космічну ситуаційну обізнаність, високодетальну космічну розвідку, супутниковий зв’язок і високоточну супутникову навігацію, космічний моніторинг довкілля, раннє попередження про ракетний напад, запуск ракет космічного призначення (РКП) та виведення космічних апаратів (КА) на орбіти і їхню експлуатацію, наступальні і оборонні дії у космосі, з космосу, через космос і в напрямку космосу.

У доповіді розглянуті результати світової космічної діяльності за 2024 рік. Зокрема, стан загальної навколоземної космічної обстановки на початок 2025 року за показниками: кількості каталогізованих космічних об’єктів (КО) і їх розподілу за типом (діючі КА, КО-космічне сміття (недіючі КА, ступені ракет-носіїв, розгінні блоки, фрагменти КО); чисельності орбітальних угруповань діючих КА; кількості космічних запусків РКП і КА, що виведені на орбіти. Проведено порівняльний аналіз російської складової навколоземної космічної обстановки за 2014 – 2024 роки та її деградації під впливом світових санкційних обмежень стосовно РФ, яка у 2014 році розпочала агресію і тимчасово окупувала окремі території України, та посилення санкцій через розв’язання широкомасштабної війни проти України 24.02.2022 року.

МОНІТОРИНГ ЯДЕРНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО ПОЛІГОНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РЕЄСТРАЦІІ ТРИКОМПОНЕНТНОЇ СЕЙСМІЧНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ВІДСУТНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ФОРМУ СИГНАЛУ

Ю.О. Гордієнко, к.т.н.; В.В. Лобода

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Активізація робіт щодо модернізації інфраструктури ядерного випробувального полігону (ЯВП) “Нова Земля”, а також вихід московії з Договору про всеосяжну заборону ядерних випробувань свідчать про вірогідну підготовку до таких випробувань з боку рф. Крім того проведення ядерної випробувань рф може призвести до подібних випробувань країнами власниками ядерної зброї. Таким чином завдання моніторингу ЯВП залишається актуальним.

В Україні завдання контролю за випробуваннями ядерної зброї покладено на Головний центр спеціального контролю. Для виявлення підземних ядерних вибухів основним методом контролю є сейсмічний. В умовах відбиття збройної агресії з боку рф зростає актуальність вирішення завдань сейсмічного моніторингу, утому числі і моніторинг ядерних випробувань, окремим пунктів спостереження (ПС) на якому розгорнута трикомпонентна сейсмічна станція (ТКСС).

Відомі підходи щодо виявлення ядерних вибухів на підконтрольних ЯВП засновані на визначенні відповідності прийнятого сигналу раніш зареєстрованим сигналам. Відсутність відомостей про характерну форму очікуваного сигналу для полігону “Нова Земля” доводять необхідність розроблення інших підходів.

В доповіді запропоновано підхід до моніторингу ЯВП, який ґрунтується на поляризаційно-кутових властивостях очікуваного сейсмічного сигналу від ядерних вибухів. Наведено результати тестування запропонованого підходу для північно корейського випробувального полігону.

ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ПРОТИВНИКА

Р.А. Андрощук, к.т.н., доц.; В.В. Філімончук

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Активний розвиток радіолокаційних методів дистанційного зондування Землі, широке застосування радіолокаторів із синтезованою апертурою (РСА) на літаках та безпілотних літальних апаратах дозволяє використовувати отримані радіолокаційні знімки (РЛЗ) для вирішення завдань виявлення об’єктів противника (ОП) (місце розташування військової техніки, озброєння, командних пунктів, оборонних рубежів тощо). На відміну від оптико-електронних знімків, РЛЗ дозволяють отримати інформацію про ОП незважаючи на погодні умови, пору доби, рослинність та штучні засоби маскування. Тому завдання виявлення ОП за рахунок використання результатів обробки РЛЗ є актуальним.

Для вирішення завдань виявлення ОП у доповіді наведені вимоги до РСА, як засобів розвідки, розкриті основні особливості та етапи процесу обробки РЛЗ та показана можливість автоматизації її деяких етапів. Складність

обробки РЛЗ пов'язана з великим динамічним діапазоном значень сигналу, наявністю спекл-шуму та “блискучих точок”, іншим принципом формування тіней, наявністю ефектів оберненої висоти та стисненого рельєфу. В цих умовах для вирішення завдань обробки РЛЗ пропонується використання алгоритму автоматизованого виявлення військової техніки на РЛЗ, який базується на нейромережових технологіях, застосуванні математичного апарату нечіткої логіки, адаптивних методів фільтрації шумів, комбінованих алгоритмів класифікації тощо. При розробці програмної реалізації алгоритму використано мову програмування Python в середовищі геоінформаційної системи ArcGIS. Застосування запропонованого алгоритму дозволяє зменшити час обробки РЛЗ та оптимізувати роботу дешифрувальника за рахунок автоматизації процесу виявлення військової техніки на РЛЗ.

МЕТОДИКА ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ КОСМІЧНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗНІМКІВ В МОДУЛІ SARSCAPE ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ENV1

*С.І. Болобан, к.т.н., с.н.с.; М.М. Герасимчук
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

У сучасному світі спостерігається значне зростання інтересу до використання космічних радіолокаційних знімків (РЛЗ) у різноманітних сферах, від військових операцій до цивільного застосування. Для ефективного використання цієї цінної інформації необхідні потужні методи обробки, які можуть бути реалізовані за допомогою сучасних програмних інструментів.

Основна мета даного дослідження полягає у розробці та вдосконаленні методичного забезпечення для обробки РЛЗ з використанням спеціалізованого модуля SARscape програмного комплексу ENV1. Це дозволить значно підвищити ефективність роботи з радіолокаційними знімками, що є критично важливим у військовому контексті, де швидкість та точність обробки інформації відіграють вирішальну роль.

Отримані результати сприятимуть більш ефективному використанню радіолокаційних знімків для вирішення наукових та практичних завдань у військовій галузі. Запропоновані підходи дозволять успішно обробляти радіолокаційні знімки в будь-яких умовах, забезпечуючи надійні результати навіть у найскладніших ситуаціях.

Важливим аспектом дослідження є гармонійне поєднання спеціалізованих функцій обробки радіолокаційних знімків з іншими можливостями програмного комплексу ENV1. Це дозволить не тільки покращити якість радіолокаційних знімків, але й розширити спектр завдань, які можна вирішувати за допомогою цих інструментів.

МЕТОДИКА ПОСТКЛАСИФІКАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ

*С.І. Болобан, к.т.н., с.н.с.; А.І. Костенко
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Сучасні методи класифікації даних космічного знімання є потужним інструментом для отримання інформації про стан та зміни земної поверхні. Проте, точність класифікації часто є недостатньою через змішування

спектральних характеристик об'єктів, які формують спектральну яскравість пікселя багатоспектрального знімку. Це призводить до помилок класифікації. Методи посткласифікації дозволяють підвищити точність та достовірність результатів обробки.

Метою дослідження є вдосконалення методичного апарату посткласифікаційної обробки, з урахуванням специфіки військового застосування. Досягнення мети дасть можливість покращити точність та достовірність результатів класифікації при вирішенні широкого спектру завдань від ідентифікації військової техніки та об'єктів інфраструктури до аналізу тактичної обстановки.

Робота включає в себе аналіз існуючих методів посткласифікації, проведення експериментальних досліджень ефективності методів щодо зменшення впливу змішування спектральних характеристик, розробку або адаптацію методів посткласифікації, а також формування практичних рекомендацій при вирішенні конкретних практичних військових завдань. Основним результатом дослідження є комплексна методика посткласифікаційної обробки класифікаційних зображень, яка може бути інтегрована в існуючі програмні комплекси, такі як ENVI, ArcGIS, QGIS тощо. Така методика сприятиме підвищенню ефективності використання даних з космосу та забезпеченню інформаційної переваги.

АЛГОРИТМ ПЛАНУВАННЯ ПРИЙОМУ СПЕЦІАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНО-МОДЕЛЮЮЧОГО КОМПЛЕКСУ STK

*Ю.О. Гордієнко, к.т.н.; В.П. Попесько
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Ефективне використання космічних апаратів (КА) для розвідувальних, наукових та військових цілей значною мірою залежить від точного та оптимізованого планування сеансів прийому інформації. В сучасних умовах значний обсяг даних потребує раціонального розподілу ресурсів наземних приймальних станцій, що зумовлює необхідність застосування спеціалізованих алгоритмів для автоматизованого планування.

Одним із перспективних підходів до вирішення цього завдання є використання програмно-моделюючого комплексу Systems Tool Kit (STK), який дозволяє здійснювати детальне моделювання орбітальних параметрів КА, визначати оптимальні часові вікна для прийому даних та враховувати різні обмеження, зокрема погодні умови, завантаженість каналів зв'язку та пріоритетність інформаційних потоків.

Алгоритм планування прийому спеціальної інформації включає кілька етапів. Спочатку здійснюється аналіз орбітальної динаміки КА на основі прогнозних даних та елементів орбіти. Далі проводиться ідентифікація можливих сеансів зв'язку, з урахуванням зон видимості та технічних характеристик наземних станцій. Наступним кроком є оптимізація прийому даних з мінімізацією втрат даних через зовнішні фактори.

Таким чином, застосування програмно-моделюючого комплексу STK у процесі планування прийому спеціальної інформації з КА дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи наземних станцій, мінімізувати втрати інформації та забезпечити високу гнучкість у реагуванні на зміни орбітальної обстановки.

ЗАСТОСУВАННЯ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ШТУЧНИХ СЕЙСМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ

*Ю.В. Гринюк; С.Ю. Абальмасов; Д.О. Мартиненко
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

В умовах небезпеки застосування ядерної зброї зростає значення розвідувальної інформації яка дозволяє оцінити обстановку в районі проведення ядерного випробування (завдання удару), своєчасно інформувати відповідні державні органи, провести попереджувальні роботи, привести в готовність сили і засоби та своєчасно надати необхідну допомогу. Отримання інформації, засноване на використанні різних фізичних принципів, дозволяє підвищити достовірність визначення певної події.

У доповіді Головний центр спеціального контролю (ГЦСК) розглядається як спеціальна інформаційна система. ГЦСК виконує задачі з реєстрації збурень геофізичних полів, проводить обробку і накопичення (архівацію) геофізичної інформації в центрі даних, забезпечує відповідні державні установи та міністерства оперативною інформацією про зареєстровані геофізичні явища. Основними елементами інформаційної системи (ИС) ГЦСК є: підсистема джерел інформації, підсистема засобів збору інформації, інформаційно-аналітична підсистема, підсистема зберігання та видачі інформації та підсистема управління. В основі дії підсистем ГЦСК можуть бути використані будь-які фактори виявлення, але не всі з однаковим успіхом.

Додаткове застосування засобів радіолокаційних (РЛКс) та оптико-електронних (ОЕКс) космічних систем дистанційного зондування Землі та комплексування даних в підсистемі засобів збору інформації ГЦСК дозволить підвищити якість обробки інформації у напрямку поліпшення якісних показників виявлення в інтересах інформаційного забезпечення бойових дій, а також в інтересах розвідки стану розвитку технології створювання ядерної зброї, отримати об'єктивну інформацію про стан природних середовищ.

АЛГОРИТМ ВІЯВЛЕННЯ ЗАМАСКОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ НА КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ ПРИ ЗНІМАННІ В ІНФРАЧЕРВОНОМУ ДІАПАЗОНІ

В.А. Миклуха¹, д.філос.; Н.М. Лук'яниця²

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Військова частина А2667

Виявлення замаскованих об'єктів на космічних знімках, отриманих в інфрачервоному діапазоні, є актуальною науково-технічною задачею, що має важливе значення для військової, екологічної та рятувальної діяльності. Інфрачервоне знімання дозволяє реєструвати теплове випромінювання об'єктів незалежно від рівня освітлення, що сприяє їхньому виявленню навіть за наявності диму, хмарного покриву або спеціальних маскувальних матеріалів.

Алгоритм виявлення замаскованих об'єктів включає кілька основних етапів. На першому етапі здійснюється попередня обробка зображень, що

передбачає корекцію шумів, нормалізацію температурних значень та підвищення контрастності. Наступним кроком є застосування методів фільтрації та сегментації, які дозволяють виявити теплові аномалії за допомогою порогової обробки, кластеризації або інших статистичних методів. Для підвищення точності аналізу доцільним є використання алгоритмів машинного навчання, зокрема згорткових нейронних мереж, які забезпечують автоматизовану класифікацію об'єктів та підвищення точності їх ідентифікації. Завершальним етапом є верифікація отриманих результатів шляхом контекстного аналізу, порівняння з еталонними даними та уточнення меж виявлених об'єктів.

Таким чином, розробка та впровадження ефективного алгоритму виявлення замаскованих об'єктів на основі космічних знімків в інфрачервоному діапазоні є перспективним напрямом наукових досліджень, що сприяє розширенню можливостей космічного моніторингу та його застосування у різних сферах діяльності.

МЕТОДИКА МОНІТОРИНГУ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ІЗ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ SENTINEL-1

А.В. Савчук, к.т.н., с.н.с.; М.С. Білоус

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Дані дистанційного зондування Землі із космосу дозволяють проводити постійний моніторинг та вивчення глобальних природних процесів, які відбуваються в атмосфері, світовому океані та на суші. Також на основі цих даних можливо виявляти райони, в яких сталась техногенна аварія або катастрофа внаслідок людської діяльності.

Однією із найбільш небезпечних, з екологічної точки зору, ситуацій є аварії пов'язані із викидами нафтопродуктів у морське середовище. Ці викиди завдають значної шкоди екосистемам, негативно впливають на здоров'я людей, ускладнюють морську діяльність та погіршують якість води. Отже, важливим завданням є швидке виявлення масштабів і меж нафтового забруднення для подальшої ліквідації його наслідків. Крім цього, виявлення природних просочувань нафти дозволяє знаходити нові райони із цією цінною сировиною.

Для виявлення розливів нафтопродуктів доцільно використовувати дані дистанційного зондування Землі, які отримуються із космічних апаратів Sentinel-1 європейської космічної системи Copernicus. На борту космічного апарата Sentinel-1 встановлений радіолокатор із синтезованою апертурою (SAR). Саме оброблення даних про підстильну поверхню Землі в радіолокаційному діапазоні дозволяє в автоматичному режимі з високою точністю виявляти місця розливів, визначати їх площу та прогнозувати їх розповсюдження та рух.

В доповіді представлені етапи методики, за якою можливо вирішувати задачу моніторингу розливів нафтопродуктів за даними дистанційного зондування Землі.

СЬОГОДЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ КОСМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ОПЕРАЦІЙ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ЗГІДНО СТАНДАРТІВ НАТО

*В.Ю. Вишняков, к.т.н.; О.С. Капран
Національний університет оборони України*

Реалії війни вимагають від України застосування новітніх технологій (спроможностей) щодо інформативного забезпечення ситуаційної обізнаності Збройних Сил України. Враховуючи досвід країн членів НАТО щодо ведення операцій (бойових дій) в умовах сучасного збройного конфлікту космічна підтримка (КП) є ключовим елементом досягнення максимальної ефективності військових операцій у всіх фізичних доменах. КП має п'ять функцій/видів безпосереднього космічного забезпечення: 1) розвідка, спостереження і рекогносцировка; 2) загальне раннє попередження/оповіщення про ракетну загрозу; 3) моніторинг навколишнього середовища на Землі та в космосі (контроль космічного простору); 4) супутниковий зв'язок; 5) координатно-часове і навігаційне забезпечення.

Україна є космічною державою і має певні спроможності щодо реалізації функцій космічної підтримки. Аналіз спроможностей дозволив визначити перелік наступних організацій, що можуть здійснювати космічну підтримку військ (сил): Центральне управління космічної підтримки ГШ ЗС України (ліквідовано), Національний центр управління та випробовувань космічних засобів (Державного космічного агентства України), Головне управління розвідки МО України, Командування Сил Підтримки, Головний Командний Центр ЗС України, Управління космічної політики МО України (в стадії формування).

У доповіді подані пропозиції створення загальної діючої системи КП з врахуванням новітніх поглядів, принципів та підходів щодо її реалізації, що дозволить більш ефективно здійснювати ситуаційну обізнаність ЗС України під час проведення операцій (бойових дій).

ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ВИЯВЛЕННЯ ДОВІЛЬНООРІЄНТОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ НА КОСМОЗНІМКАХ

*О.М. Наумчак; М.П. Романчук, к.т.н., ст.д.;
Л.М. Наумчак; Д.Л. Федорчук, к.т.н., ст.д.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Ефективним підходом для досягнення технологічної та інформаційної переваги над противником є ведення розвідки противника з використанням космознімків середньої та високої розрізненості. У світовій практиці широко застосовуються технології комп'ютерного зору для оброблення космознімків. Для ідентифікації (детектування) об'єктів на них необхідно вирішити завдання виявлення, розпізнавання, призначення точних обмежувальних рамок або масок для малих, довільно орієнтованих об'єктів, відділення їх від фону, надання міток класу об'єктів.

Проведено аналіз детекторів для виявлення об'єктів на космознімках. Більшість з них використовують обмежувальну рамку прямокутної форми, паралельну осям координат, що із виявленням довільно обернених об'єктів із

великим співвідношенням сторін збільшує обмежувальну рамку та, як наслідок, призводить до перевантаження детектора в ході класифікації.

Запропоновано підхід на основі архітектури моделі YOLOv11 для покращення виявлення малих об'єктів і підвищення точності зі збереженням часу оброблення, який полягає у побудові п'ятипараметричної моделі та подальшого її перетворення у чотириточкову анотацію для визначення координат чотирьох кутових точок з нанесенням обмежувальної рамки, що обернена на той же кут, що і зображений об'єкт.

До оригінальної моделі YOLOv11 було додано канал кута повороту і відповідну функцію розрахунку кутових втрат. Такий підхід дозволяє підвищити оперативність та достовірність виявлення малорозмірних щільно розміщених об'єктів.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОРЯДКУ ОРГАНІЗАЦІ КОСМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

Д.М. Поян; Д.Ю. Марчик

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Досвід ведення бойових дій під час відсічі повномасштабної збройної агресії Російської Федерації (РФ) проти України демонструє, що в сучасних умовах отримує перевагу та сторона, яка безперервно забезпечується актуальною, достовірною та систематизованою інформацією про власні сили, дії противника, особливості місцевості та погодні умови в районі операції. У цьому контексті створюється те, що впровадження космічних та геоінформаційних технологій є одним із найефективніших напрямків підвищення рівня ситуаційної обізнаності командирів (начальників) підрозділів Збройних Сил (ЗС) України.

В доповіді проведено аналіз системи космічної підтримки та визначено основні напрями її вдосконалення, а саме: подальший розвиток супутникового угруповання, що забезпечує надходження матеріалів космічної зйомки, насамперед за рахунок космічних апаратів радіолокаційного спостереження; інтеграція інформаційної системи космічної підтримки Збройних Сил України з наявними автоматизованими системами управління військами; розробка та впровадження сучасного програмного забезпечення обробки та аналізу геопросторових даних, а також автоматизація прийому й обробки запитів космічної підтримки та обслуговування користувачів.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ

О.В. Самчишин, к.т.н., ст.д.; В.С. Філімончук

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Багатоспектральні дані дистанційного зондування Землі дають змогу отримувати інформацію про зволоженість ділянок місцевості, що звичайно використовуються для прогнозування пожежної небезпеки, аналізу умов вегетації сільськогосподарської рослинності тощо. Однак такі дані можуть бути корисними у військовій справі.

Вологість ґрунту суттєво впливає на хід ведення наступальних та оборонних операцій. Актуальною проблемою є недостатня обізнаність

командирів про прохідність місцевості при плануванні бойових дій командирами. Вологість, і відповідно прохідність, може змінюватися в залежності погодних умов, пори року, техногенних катастроф (загоплення території в результаті підриву дамб, непередбаченого розливу річок тощо).

Методика базується на класичних методах спектральних перетворень, класифікації, сегментації, посткласифікації, кластеризації, враховує фізико-механічні властивості ґрунту, типи ґрунтів та порід, спектральні характеристики природних та штучних об'єктів.

Дослідження методики проводилося шляхом імітаційного моделювання умов взаємодії шасі військової техніки з зволуженим, деформованим ґрунтом, залежно від його типу. Методика передбачає використання спеціальних програмних засобів, таких як ENVI, ERDAS IMAGINE, ArcGIS, QGIS.

Розроблена методика допоможе оперативно визначати оптимальні шляхи для пересування техніки у важкодоступних районах, уникати помилок при висуванні на вихідні рубежі, обирати вигідні шляхи при забезпеченні ведення оборони, робити правильний вибір місць спорудження інженерних загороджень, фортифікаційних об'єктів, запобігати втратам техніки та особового складу, покращити якість планування ведення бойових завдань.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЗЕМЛЕОГЛЯДУ ПРИ ПЛАНУВАННІ КОСМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

В.А. Миклуха, д.філос.; В.В. Осипчук

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Аналіз розвитку космічних засобів провідних країн світу показує, що одним із головних пріоритетів є активне використання космічного простору у військових цілях, а також в інтересах науки, господарської та інших видів діяльності.

За відсутності в Україні своїх космічних засобів постає актуальне завдання, щодо вибору космічних апаратів (КА), які будуть використовуватись для вирішення поставлених завдань по спостереженню за визначеними районами та об'єктами. Для здійснення процедури вибору КА дистанційного зондування Землі необхідно провести оцінку можливостей наявних апаратів по виконанню поставлених завдань.

В роботі розроблено методику розрахунку параметрів землегляду КА дистанційного зондування Землі, що дозволить здійснити оцінку можливостей виконання завдань по спостереженню за визначеними районами та об'єктами. Використання отриманих результатів у свою чергу призведе до покращення якості виконання поставлених завдань та зменшенню ймовірності отримання неінформативних, для заданих умов та специфіки поставленого завдання, матеріалів космічного знімання.

Перспективою подальших досліджень є вдосконалення методики розрахунку параметрів землегляду за рахунок врахування кривизни земної поверхні та більш детальне врахування умов знімання на отримані матеріали космічного знімання. Також перспективним є напрямком автоматизації етапів розрахунку параметрів землегляду, що спростить процесу вибору КА дистанційного зондування Землі для виконання поставлених завдань по спостереженню за визначеними районами та об'єктами.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АНТЕННОЮ СИСТЕМОЮ “ДЕЛЬТА” ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АБСОЛЮТНИХ ЕНКОДЕРІВ ТА АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ARDUINO

*А.В. Савчук, к.т.н., с.н.с.; О.В. Франжжі; І.О. Поліщук
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Одним із основних елементів для приймання спеціальної інформації з космічних апаратів космічних систем дистанційного зондування Землі є відповідні приймальні антени. Для якісного (без втрат) приймання спеціальної інформації необхідно забезпечити стабільне управління антени для точного наведення максимуму діаграми спрямованості за азимутом та кутом місця в напрямку на космічний апарат.

Засоби управління приймальними антенами, які на даний час експлуатуються містять застаріли аналогові вузли із великими габаритами та масою і які споживають багато електричної енергії. Метою роботи є модернізація існуючої системи автоматизованого управління антенною системою “Дельта” шляхом заміни застарілих вузлів на сучасні цифрові та аналогово-цифрові. Для цього пропонується застосування абсолютних енкодерів і апаратно-програмних засобів на основі мікроконтролерів Arduino.

Абсолютні енкодери забезпечать точне визначення кутового положення без необхідності калібрування після кожного перезапуску. Це дозволить мінімізувати похибки позиціонування.

Використання мікроконтролерної платформи Arduino забезпечує низьку вартість, простоту програмування та можливість інтеграції з обчислювальними засобами автоматизованого робочого місця управління антенною системою. Запропоноване рішення дозволить реалізувати автоматичне наведення антени, стабілізацію положення та супроводження антеною космічного апарата під час сеансу приймання з нього спеціальної інформації.

ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ВІЯВЛЕННЯ БАЛІСТИЧНИХ РАКЕТ

*Л.М. Наумчак; А.А. Завада, к.т.н.; І.А. Беспалко, к.т.н.; Д.М. Випорханюк
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

В умовах російської військової агресії та постійної ракетної загрози для України набуває особливої актуальності створення вітчизняної комплексної системи протиракетної оборони (ПРО) для захисту від ударів крилатих (КР) та аеробалістичних (АБР) ракет, балістичних ракет малої (БРМД) та середньої (БРСД) дальності. Ракетний удар 21.11.2024 по м. Дніпро БРСД (до 5 500 км) типу “Орешнік” ще більше загострив проблему ПРО щодо БР із заатмосферними ділянками польоту (висотою понад 100 км) та швидкостями 4,0-7,8 км/с (М11-М22).

В доповіді проведений аналіз: світового досвіду використання комбінованих систем ПРО, що побудовані з використанням радіолокаційних і оптичних методів виявлення цілей; існуючих стаціонарних і мобільних радіолокаційних станцій (РЛС) дальнього виявлення та супроводження БР і космічних об’єктів (КО); можливостей використання мобільних платформ для покращення зон спостереження та підвищення живучості систем.

Запропоновано комбінований підхід до виявлення та супроводження КО і БР із використанням РЛС з фазованою антенною решіткою (ФАР) типу S3TSR (Space Surveillance and Tracking Surveillance Radar), що здатна здійснювати спостереження навколосемного космічного простору (НЗКП) та може бути використана у системі ПРО для виявлення малорозмірних об'єктів (БР і їх бойових блоків) на заатмосферних ділянках польоту. Це дозволить здійснювати раннє виявлення балістичних цілей, особливо за умови її інтеграції з іншими РЛС з ФАР (наприклад, AN/FPS-132) та космічними системами (наприклад, SBIRS) раннього попередження, для підвищення ефективності виявлення загроз.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КА ДЗЗ

*В.Ю. Вишняков, к.т.н.; А.С. Махонін
Національний університет оборони України*

Застосування космічних апаратів (КА) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяють отримувати актуальну, оперативну та об'єктивну інформацію, як на тактичному, так і на оперативному і стратегічному рівнях. В умовах широкомасштабної збройної агресії РФ проти України, за наявних фінансових, часових і технологічних обмежень, питання ефективного планування застосування КА ДЗЗ та отримання від них оперативних (свочасних) даних щодо переміщення зброї і техніки, виявлення вогневих позицій, блок-постів, важкої зброї і техніки російських окупаційних військ для ефективного застосування високоточної зброї.

Відсутність в Україні власних КА ДЗЗ вимагає використання даних з іноземних КА партнерів, що вимагає специфічних підходів в плануванні їх застосування.

Основними недоліками при плануванні застосування КА є: обмежений доступ до використання ресурсів КА, вплив хмарності на якість зйомки, залежність від орбітальних можливостей КА, різноманітність характеристик сканерів КА, отримання інформації на наземні станції (НСт) операторів власників КА.

За результатами аналізу визначених недоліків авторами запропоновано наступні шляхи підвищення ефективності планування застосування КА ДЗЗ: виготовлення, запуск та організація застосування власного КА ДЗЗ надвисокої просторової розрізненості; реалізація можливості прийому інформації з іноземних КА на власні НСт (стаціонарні, мобільні); замовлення ресурсу іноземних КА відповідно до їх орбітальних та технічних параметрів; врахуванням прогностичної хмарності над територією зони зйомки.

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ТРЕКІНГУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

*Д.В. Горяну; О.О. Діліон
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Космічні технології займають важливе місце в сучасному житті. Управління космічними апаратами та іншими орбітальними об'єктами потребує точного та безперервного трекінгу. У зв'язку з цим впровадження

автоматичної системи трекінгу (АТС) є важливим кроком для підвищення ефективності роботи наземних станцій.

Швидке зростання кількості космічних апаратів (КА) на орбіті вимагає вдосконалених методів відстеження. Нагальною потребою є необхідність точного та безперервного зв'язку, оскільки нестабільний трекінг може призводити до втрати сигналу, що є критичним під час сеансу зв'язку. Автоматизація процесів управління антенними системами дозволяє покращити ефективність системи.

Застосування автоматичної системи трекінгу мінімізує ризики втрати сигналу. Використання алгоритмів прогнозування забезпечує точніше відстеження навіть при зміні орбіти КА. Швидке реагування системи дозволяє оперативного перемикається між КА та підтримувати стабільний зв'язок. Оптимізація ресурсів наземних станцій через автоматизацію процесів управління дозволяє оперативніше обмінюватися інформацією між пунктами. Тому потрібна інтеграція з сучасними космічними мережами, що сприяє міжнародному співробітництву у сфері космічних комунікацій.

Таким чином автоматичний трекінг є ключовим напрямком розвитку наземних станцій управління космічними апаратами. Його впровадження дозволить значно підвищити ефективність космічних операцій, забезпечити стабільний зв'язок і інтегрувати сучасні технології в управління космічними апаратами. Сприятиме створенню більш надійних та автономних систем, що відповідають вимогам сучасних і майбутніх космічних проєктів.

ОЦІНКА КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В ІНТЕРЕСАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЙ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

О.І. Богун; Е.Ю. Брезіцький

Національний університет оборони України

Сучасні тенденції освоєння та використання космічного простору ставлять нові та більш важкі (творчі) завдання з оцінки космічної обстановки в інтересах забезпечення дій Збройних Сил України. Лише протягом 2024 року космічними операторами світу було здійснено виведення 270 космічних апаратів (далі – КА) дистанційного зондування землі (далі – ДЗЗ) оптико електронного та радіолокаційного спостереження. З них 93 КА мають роздільну здатність достатню для розпізнавання військової техніки та можуть використовуватися в якості КА видової розвідки. Наявна кількість КА в навколосемному космічному просторі нівелює сенс проведення оповіщення про їх прольоти.

Враховуючи вище зазначене під час проведення оцінки космічної обстановки все більшу актуальність набуває дослідження наступних питань:

виявлення фактів здійснення маневрів КА з їх подальшим аналізом для визначення мети здійснення маневру;

виявлення задуму використання угруповання КА розвідки в комплексі з іншими угрупованнями КА (зв'язку, ретрансляції тощо);

визначення за параметрами орбіти призначення КА, які були недавно запуснені та призначення яких не розкривається або розкривається хибно;

виявлення за допомогою OSINT-розвідки, наявних контрактів на проведення зйомки ділянок місцевості між комерційним космічним оператором та третю особою, яка може представляти інтереси противника.

Проведення якісного аналізу космічної обстановки надасть можливість виявити задуми противника та не допустити або мінімізувати втрати особового складу, озброєння та військової техніки.

СЕКЦІЯ 17

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Керівники секції: підполковник Москалець А.С.;
к.т.н. доц. полковник Лагутін Г.І.
Секретар секції: к.т.н. підполковник Куравська Н.М.

REQUIREMENTS FOR TRAINING MILITARY SPECIALISTS IN THE SPECIALIZATION "MILITARY ELECTRICAL SYSTEMS" UNDER MARTIAL LAW

*A. Moskalets¹; G. Lahutin², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
¹Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Training of military power engineers for the Armed Forces of Ukraine in the field of knowledge 14 Electrical Engineering in the specialty 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics with the specialization "Electrical Systems of Military Purpose" at the first (bachelor's) level of education at the Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force shall be carried out in a full-time form of study.

Training of military power engineers for the Armed Forces of Ukraine at the second (master's) level of education at the Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force in the specialty 141 "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics", with the specialization "Electrical Systems of Military Purpose" shall be carried out in the number of 100 percent of applicants for the second (master's) level of education in relation to the number of applicants for the first (bachelor's) level of education. Training should be conducted in a part-time form of study due to the urgent need of the troops for energy specialists during the repulsion of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine.

At the first (bachelor's) level of education, during the first and second years of study, conduct general military training to the level of deputy commander of an infantry platoon, general and professional training.

In the third and fourth years, conduct professional training to study the design features of electrical equipment and power supply systems of munitions and weapons complexes, the intended use and maintenance of electrical equipment and power supply systems.

Practical training in general military, professional and professional training should ensure achievement of the level:

1st year – commander of an infantry platoon;

2nd year – deputy commander of an infantry platoon, electrician of the energy supply department;

3rd year – diesel electrician of the energy supply department;

4th year – technician of the energy supply department.

At the second (master's) level of education, professional training is provided on the organization of power supply for troops, operational management of military electrical installations of military units (subdivisions), organization of technical

operation and repair of electrical equipment and power supply systems of military equipment complexes, organization of training of junior electrical specialists and organization of energy supervision of military electrical installations of military units.

Practical training in professional training ensures achievement of the level:
5, 6 courses – head of the energy supply department.

FEATURES OF DEVICES FOR CONTACTLESS UNDER LOAD BRANCHES SWITCHING OF POWER SUPPLY SYSTEMS POWER TRANSFORMERS

*O. Yakovets¹; V. Uvarov², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. Pohodina²; I. Baydak²*

¹Command of the Support Forces of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

During combat operations, efficient and reliable power supply is extremely important for the successful operation of medium-range anti-aircraft missile systems. One of the key aspects of power supply reliability is voltage stability. The analysis of the need for voltage regulation in power supply systems during combat operations confirmed that voltage instability could have serious consequences, including failures in the operation of electronic equipment and accidents. Therefore, research aimed at analyzing the need for voltage regulation in power supply systems, as well as studying the features of voltage regulation in mobile transformer substations of anti-aircraft missile systems, is quite relevant.

To ensure stable power supply and reliable operation of medium-range anti-aircraft missile systems, it is important to use devices and technologies for voltage regulation in power supply systems. Power transformers, which combine the functions of voltage conversion and regulation, are effective for achieving the necessary voltage level in the power supply system without disrupting the combat readiness of the complex. Mechanical on-load regulation devices are characterized by insufficient reliability and wear of moving contacts. The use of contactless thyristor switching devices is promising.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING DOMESTICALLY PRODUCED ELECTRICAL EQUIPMENT FOR POWER SUPPLY OF FOREIGN-MADE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS

G. Lahutin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Yu. Musairova, Ph.D.; A. Kudryavtsev; V. Salo

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Partner countries are providing timely and necessary assistance in the form of foreign anti-aircraft missile systems as assistance in repelling armed aggression. However, when supplying these systems, the question arises as to whether these systems are compatible with domestic electrical equipment, and whether it is possible to replace or temporarily connect foreign-made power plants or power units to domestic electrical equipment in service with the Armed Forces of Ukraine in the event of a failure. Due to the fact that foreign systems must be sent abroad to eliminate malfunctions in the event of a failure, the possibility of replacing foreign

power plants and electrical units with domestic ones would allow solving a number of issues.

The analysis showed that, in general, the general characteristics of domestically produced military electrical installations with autonomous power supply meet the requirements for the maximum weight of tactical electrical units, the technical characteristics of utility-class AC electrical units, the technical characteristics of utility-class DC electrical units, the stability of the technical characteristics of electrical units depending on environmental conditions, and partially meet the requirements for standard connectors for connecting electricity consumers to electrical units with a frequency of 50 Hz, 50/60 Hz and 400 Hz.

IMPROVEMENT OF AUTOMATION MEANS OF CONTROLLING MILITARY POWER PLANTS POWER CIRCUITS

*G. Lahutin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Ye. Zarichnyak; O. Vorobyov; S. Chekharin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At this stage of development of aviation, aerial reconnaissance and attack means, namely unmanned aerial vehicles, control over the airspace of our state is not just important but vital. And accordingly, the power supply system must be sufficiently reliable. One of the directions of ensuring the power supply system required reliability is the automation of military power plants power circuits control.

The considered structure of the operation of the military power plant automation system shows that the principles of operation and the method of implementation laid down in it were sufficiently reliable and effective at the time. However, at the current stage of technology development, this entire system needs improvement and replacement. The replacement of the existing element base with modern electronic devices based on programmable logic controllers is promising. Controller programming can be carried out in the CODESYS (Controller Development System) application development environment or similar. The recommendations formulated in the work will allow to increase the reliability of the power supply of anti-aircraft missile systems during combat operations.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS ON DIRECTIONS FOR IMPROVING METHODS AND MEANS OF ENSURING ELECTRICITY QUALITY INDICATORS IN POWER SUPPLY SYSTEMS OF STATIONARY MILITARY AIRPORTS IN POST-EMERGENCY MODES

*N. Kuravska, Candidate of Technical Sciences;
I. Boklah, Candidate of Technical Sciences; R. Soldatov; Ye. Zarichniak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Guaranteed, high-quality, economical and safe power supply to weapons, military equipment and other military facilities in stationary and field conditions contributes to maintaining them in constant combat readiness.

Trends in the development of armed struggle provide for an increase in the reliability of power supply and independence from external sources of electricity. At the same time, the use of non-traditional sources of electricity can ensure a decrease in the dependence of military facilities on both the state power grid and supplies of fuel and lubricants. Thus, according to open sources, military power plants and

power units of the Rapid Reaction Forces of the United States of America remain the largest consumers of fuel on the battlefield during combat operations. Therefore, increasing energy security when performing combat missions, reducing the consumption of all types of energy and fuel and lubricants, as well as expanding the use of renewable and alternative energy sources are considered key areas of development of military energy.

One of the ways to increase the reliability of power supply to military facilities and increase the duration of autonomous operation of their power supply systems may be the use of alternative sources of electrical energy.

The results of the analysis of the possibility of using alternative sources of electricity in the JFO zone indicate that despite the relatively high cost of solar and wind power plants, their use in the JFO zone may be appropriate. This conclusion can be reached if we take into account the cost of fuels and lubricants necessary for the operation of traditional gasoline and diesel units, and the difficulties in transporting them to the area where military facilities are located in the JFO zone.

At the same time, wind power plants may be advisable to use only at a distance from the immediate combat zone due to their high unmasking factors. Solar power plants and solar heating and hot water supply systems, provided with appropriate engineering equipment, can be used at checkpoints and in locations of units in the Joint Forces Operation zone.

The correctness of the conclusions drawn is confirmed by the fact that similar solutions for the armed forces are being developed in leading countries of the world. The experience of using forces (troops) in combat operations shows that only high reliability of the electrical networks of military airfields guarantees the high-quality performance of combat missions assigned to fighter, assault, bomber, reconnaissance and transport aircraft.

At the same time, protection of power transformers from damage or abnormal operating modes is carried out by morally and physically obsolete relay protection devices or fuses.

Therefore, transferring relay protection of power transformers of military airfields to a modern element base will allow increasing the reliability of power supply and the combat capabilities of aviation military units and subdivisions.

Thus, for reliable protection of transformers, it is advisable to use several types of relay protection in a complex: maximum current protection or current cut-off together with gas protection, protection against short circuits to the housing and protection against overloads.

Given the moral and physical obsolescence of relay protection devices, the possibility of transferring the relay protection system to a modern microprocessor base should be considered. This will increase the effectiveness of the use of aviation branches in combat operations.

There are several ways and means to improve the quality of electricity in the power supply systems of stationary military airfields:

1. Using modern diagnostic methods: Regular diagnostics and monitoring of power quality through smart intelligence helps to detect and correct problems at an early stage.

2. Infrastructure improvements: installation of new and modernization of existing electrical wires, transformers and other components of the power supply system.

3. Introduction of innovative technologies: use of modern technologies, such as intelligent electricity management systems, which allows optimizing energy use and increasing efficiency.

4. Energy-saving measures: implementing energy-saving practices, such as using energy-efficient equipment and optimizing electricity usage.

5. Staff training: Regular training and advanced training of specialists working with power supply systems so that they can effectively identify and resolve problems.

These measures will help improve the quality of electricity and ensure reliable power supply to military airfields.

DIRECTIONS OF AUTOMATION OF OWN NEEDS CIRCUITS CONTROL OF MILITARY POWER PLANTS IN ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES POWER SUPPLY SYSTEMS

*G. Lahutin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Yu. Musairova, Ph.D.; O. Sal'nik; A. Shvetsov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the process of using mobile power plants as part of power supply systems, there is often a need to constantly maintain them in readiness for immediate start-up and ensure their reliable operation when supplying electricity to consumers in various modes. Therefore, automation of power unit control systems is an integral part of the high-quality performance of tasks related to power supply in combat conditions.

The automation system in the 5I57A diesel power plant ensures its functioning in various operating modes without the intervention of service personnel. At the same time, the automation system is made on a morally and physically outdated element base, which does not allow to ensure the required level of reliability and continuity of power supply to anti-aircraft missile systems

The work has developed an improved control scheme for the own needs of the 5I57A diesel power plant, which provides control of the level of fuel, oil, coolant temperature and controls the appropriate control units for refueling the power plant with fuel, oil, as well as opening and closing the air intake and exhaust hatches. The use of such a system will increase the power plant reliability by constantly maintaining it in a warm and fueled state both while waiting for the command to use it and during combat operations.

WAYS TO IMPROVE MEANS OF PROTECTING SYNCHRONOUS GENERATORS FROM EMERGENCY AND ABNORMAL MODES IN ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES POWER SUPPLY SYSTEMS

*V. Tabunenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Ye. Zarichniak; Yu. Musairova, Ph.D.; P. Kushch
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting combat operations during the repulsion of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine indicates that power supply systems are an important element in ensuring the uninterrupted operation of weapons complexes and military equipment, including anti-aircraft missile systems.

One of the most important elements of power supply systems is synchronous generators. In conditions of combat operations, combat work is carried out from mobile power plants, and disruption of their normal operation can lead to power outages of consumers of anti-aircraft missile systems and missing targets.

To ensure reliable operation of generators in such conditions, it is necessary to use special relay protection devices.

The work investigated the main relay protection schemes used in power supply systems of anti-aircraft missile systems – protection against overloads and short circuits, protection against reverse power and protection against excess (decrease) of the output voltage.

As a way to further improve the currently existing relay protection of synchronous generators included in the air defense missile system power supply system, the use of the MICOM P342 microprocessor generator protection relay manufactured by Schneider Electric (France) is proposed. The use of microprocessor devices in relay protection systems of synchronous generators allows to significantly improve the selectivity, speed, as well as the reliability and speed of operation of the protective automation of the anti-aircraft missile systems power supply systems.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING POWER LINE PROTECTION MEANS FROM OVERLOADS AND SHORT CIRCUITS IN POWER SUPPLY SYSTEMS OF MILITARY AIRPORTS IN THE CONDITIONS OF COMBAT OPERATIONS

*V. Uvarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Podolyan;
M. Kuravsky; A. Kudryavtsev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To improve the means of protecting power lines from overloads and short circuits in the power supply systems of military airfields in combat conditions, the following measures can be proposed:

1. Power line redundancy, i.e. the use of backup lines to ensure uninterrupted power supply in the event of damage to the main lines. Considering the airfield electrical networks as the most vulnerable component of the power supply system, it is necessary to take measures to prevent the development of accidents that may occur both as a result of natural factors and factors of natural wear of equipment, and the striking factors of enemy weapons.

2. Using sensor technologies – installing sensors that allow you to quickly monitor the condition of power lines and detect potential threats.

Analyzing the requirements for relay protection of electrical networks, it is possible to formulate the task of using in the electrical networks of military airfields not traditional relay protection systems, which are built on the basis of electromagnetic relays, but modern relay protection devices based on microprocessors.

Integrated microprocessor automatic emergency control devices that have appeared recently, in power supply systems perform not only the functions of protective shutdown – RCD, but also the functions of automation: automatic frequency unloading (AFR), automatic re-start (APV) and backup (AVR) inclusions. They are intelligent information technical means of automatic control, which have the properties of changing the settings in accordance with the emergency situation (adaptation), self-testing and self-diagnosis and even self-improvement, thanks to flexible programming.

Based on the analysis, it is possible to conclude that it is advisable to use integrated microprocessor relay protection and automation devices in the power supply systems of military facilities. In particular, the most promising for use can be

considered a universal microprocessor relay protection complex from ABB, which is equipped with wide functionality and has high reliability indicators, which is especially important for military facilities that perform tasks during combat operations.

WAYS TO IMPROVE MEANS OF DISTRIBUTING REACTIVE LOADS DURING PARALLEL OPERATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS

*V. Uvarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
N. Kuravska, Candidate of Technical Sciences; S. Habosha; S. Startsev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting combat operations shows that reliable continuous power supply of radar stations can be achieved only through long-term parallel operation of electrical units of radar power supply systems. In parallel operation, the main requirement is the distribution of loads between individual sources of electricity in proportion to their capacities. The distribution of active and reactive powers between electrical units can be carried out by changing the fuel supply to the internal combustion engine cylinders and the magnitude of the generator excitation current.

The simplest and most frequently used method of distributing reactive loads in power supply systems is the method of static characteristics. The second method of ensuring uniform distribution of reactive loads is the use of equalizing connections between the excitation systems of synchronous generators operating in parallel.

To distribute loads by the method of static characteristics, it is necessary to re-adjust the voltage regulators by shifting and parallel transfer of static characteristics. But it is practically impossible to achieve the same adjustment of regulators for all operating modes. It is easier to ensure the intersection of the characteristics for a given operating mode and thereby equalize their load. This task is solved by creating equalizing connections between diesel generators.

Digital automatic voltage regulators of synchronous generators are built on a microprocessor base. They have significantly smaller dimensions and weight, which can serve as an opportunity to introduce such regulators into the automation of diesel power plants. The introduction of such systems will increase the accuracy of reactive load distribution and voltage regulation of synchronous generators of diesel power plants.

INCREASING THE EFFICIENCY OF MEANS FOR DETERMINING THE LOCATIONS OF SHORT CIRCUITS AND BREAKS IN UNDERGROUND CABLES OF POWER SUPPLY SYSTEMS OF MILITARY AIRPORTS IN THE CONDITIONS OF COMBAT OPERATIONS

*V. Tabunenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Yu. Musairova, Ph.D.; O. Boyko; B. Letuchy
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis made it possible to identify and generalize the issues of determining the locations of short circuits and breaks in underground cables of power supply systems is an important task for ensuring the reliability and safety of power supply. For this, various methods and devices are used, such as tracers, signal generators and other specialized devices.

Cable tracing involves identifying cable locations, determining their depth, and locating faults in lines. This involves using devices that operate on the principle of guiding a tone signal into the wires and receiving, amplifying, and reproducing it through headphones or speakers.

Cable tracers such as the UNI-T UT25CL are designed to trace underground low-voltage cables, diagnose breaks and short circuits, and check for voltage. These devices provide effective cable detection and tracing, which significantly reduces work time and prevents accidental damage during installation or repair.

UNI-T UT25CL is a multifunctional set that includes a transmitter and a receiver. Equipped with advanced sensors, it provides effective detection and tracing of cables and wires, which can significantly reduce work time and prevent accidental damage during installation or repair.

The device is designed to detect conductors, determine the locations of breaks and short circuits, trace underground cables, as well as search for fuses and related equipment. Additionally, the tracer is able to detect short circuits and breaks in underfloor heating systems, trace metal water and heating pipes, and the receiver is able to work with several (up to 8 pieces) transmitters simultaneously.

TRANSFORMER REGULATION OF ELECTRICAL NETWORK VOLTAGE

V. Uvarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

I. Baidak; S. Sjadristyj

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

To ensure the required voltage quality at the terminals of electrical receivers, it is possible to use transformer regulation in electrical networks. These transformers combine the functions of voltage conversion and regulation. In them, the voltage conversion coefficient is not constant, but changes in such a way as to provide the required voltage value in electrical receivers. This allows you to achieve the required voltage level in the system without violating automatic control and protection.

The following methods of changing the transformer transformation ratio, and therefore the methods of regulating the voltage, can be identified:

- changing the number of turns;
- redistribution of magnetic flux;
- by changing the value of the additional electromotive force;
- by changing the phase shift angle between the additional and main electromotive forces of the transformer winding.

Regulation systems voltage transformer in according to the first method, they are divided into three main ones groups:

1. Purely mechanical control systems voltages:

a) PBZ – regulation without excitation with complete by disconnecting the transformer from primary and secondary electrical networks at an interval changes coefficient transformations;

b) On-load tap-changer – regulation with switching under load contact devices that provide current limitation in control circuits and arc extinguishing during switching regulatory winding branches.

2. Combination thyristor and mechanical control systems.

3. Smooth contactless systems regulation.

By constructive execution distinguish transformers two type in:

1) with switching regulatory branches without excitation, i.e. with disconnection from networks (abbreviated – transformers with PBZ);

2) with switching regulatory branches under load (abbreviated – transformers with RPN).

As a rule, regulatory offshoot performed on the side high voltage of the HV transformer, which has less operating current. At the same time simplifies switching device.

For today transformers made from PBZ with main and, usually four additional branches. Main offshoot has a voltage that equal to nominal voltage network to which joins this transformer. At the main branch coefficient transformations of a transformer are called nominal. When using four additional branches coefficient transformations it is funny from nominal by +5%, +2.5%, -2.5% and -5% respectively.

Transformers with regulation voltage under load, i.e. with built-in The tap-changer device differs from transformers with PBZ presence special switching device, as well as increased quantity degrees regulatory branches and range regulation.

On the adjustable part of the winding is switching device that consists of with movable contacts, contactors and reactors. It should be noted that in modern In tap-changer devices, instead of a reactor, active resistances. With the help of a tap-changer it is possible switch branching, changing thus the coefficient transformations, under load. At the same time perhaps choose in the modes of the largest and the smallest loads necessary offshoot and connect them in such a way that were performed requirements opposite regulation. The presence of a switching device and current-limiting resistors increases the cost of a regulated transformer by 1.5-3 times.

In addition, the on- load tap-changer is element with limited switching resource . In addition, the switching time desoldering >5 s. Recently, transformers with non-contact switching of branches, which do not have these disadvantages, have been increasingly used. In contactless In tap-changer devices, the following are used: semiconductor power switches. Transformers equipped with such devices have a switching time of unsoldering >10 ms, namely switching is not accompanied additional creation voltage, thereby improving dynamic stability of the regulation system voltage.

INCREASING THE EFFICIENCY OF MEANS FOR DETERMINING SHORT-CIRCUITS AND BREAKS IN UNDERGROUND CABLE LINES OF POWER SUPPLY SYSTEMS OF MILITARY AIRPORTS IN THE CONDITIONS OF COMBAT OPERATIONS

*Yu. Musairova, Ph.D.; G. Lahutin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
E. Oliynyk; O. Sal'nik*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Tap changing devices for power transformers – key elements of power supply systems that ensure the stability and reliability of our electrical networks.

Power transformers are the heart of electrical networks, converting voltage to the required levels for transmission and distribution of electricity. But electricity is not just a flow of electrons; it is a living pulse that responds to changes in supply and demand. When the load on the network changes, voltage can fluctuate, which can lead to undesirable consequences for equipment and consumers.

tap -changers . They allow you to adjust the transformer ratio by changing the number of active turns in the winding. This is similar to how a musician tunes an instrument by pulling the strings to achieve the perfect sound. This allows the transformer to compensate for voltage fluctuations and maintain it at the desired level.

With the development of technology, OLTCs have become even more efficient. Today, they can be equipped with electronic control systems, status sensors and even connected to Smart systems. Grid . This allows operators to monitor and manage the grid in real time, quickly responding to any deviations.

Proper use of tap -changer devices not only ensures stable voltage for consumers, but also helps reduce energy losses in the grid. This means less energy is wasted and, as a result, fewer greenhouse gas emissions. Thus, these devices play an important role in the transition to a more sustainable energy system.

Modern OLTCs can be controlled remotely, which reduces the need for on-site maintenance and increases operational efficiency.

Using data on the operation of OLTCs, it is possible to predict their wear and tear and plan maintenance, preventing accidents.

As the share of renewable energy sources in the grid increases, the importance of OLTCs will only increase. Wind and solar power plants can cause additional voltage fluctuations, and effective regulation becomes even more critical.

THE POSSIBILITY OF USING IONISERS FOR GUARANTEED START-UP OF A DIESEL GENERATOR

*A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Yu. Musairova, Ph.D.; Ye. Zarichniak; M. Klymenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Successful start-up of the UPS diesel engine is one of the most important and urgent problems in the operation of diesel generators. Improving the starting system by introducing a supercapacitor allows multiple restarts, i.e. the unit can be stopped several times without fuel consumption at idle. The department has carried out work on modelling the electrical circuit of the start-up with a supercapacitor unit using the Matlab Simulink software. The modelling results show that the use of a supercapacitor alone in the starting system is undesirable. Despite the fact that the supercapacitor provides the required current and voltage, its operating time is extremely insufficient. The most effective use of a battery in the starting system is to use it together with a supercapacitor. This reduces the peak current load on a standard battery. An effective principle of starting a diesel engine is proposed and an effective circuit solution using a supercapacitor is presented. Based on the booster stabiliser circuit, a new circuit is modelled to investigate the successful starting of a unit with different starting systems. In addition, this study identifies the main requirements for the use of a battery-based system with a supercapacitor. Characteristics such as the temperature range of the system are presented.

The proposed solution is especially relevant when the temperature drops to 10 degrees, below zero and the output power of the vehicle battery at high current is significantly reduced, which leads to the inability to start the diesel engine. As a high-performance electrical energy storage device, supercapacitors can effectively maintain high-current output power at low temperatures, and their advantage of low-temperature starting is quite obvious. During the starting process, the power output when the engine starts is very high. The best operating temperature for lead-acid

batteries is 10°C~40°C. At low temperatures, the viscosity of the electrolyte increases. The plate penetration capacity decreases and the internal resistance increases, resulting in a significant decrease in the terminal voltage and battery capacity and decrease in power output at start-up, so the inability of starter to maintain diesel engine to achieve the minimum starting speed makes it difficult to start the diesel engine.

In contrast, the characteristics of supercapacitors, such as high power density, high current charging and discharging capability and long service life, are fully compatible with the requirements of starting applications. Their good power characteristics at low temperatures make them unbeatable for low-temperature starting of diesel engines. The abnormal capacity of supercapacitors is due to the double electrical layer formed by activated carbon and electrolyte to obtain the highest capacity. At the same time, they adopt a structure that is capable of carrying an excessively high current, meaning that a high instantaneous power is developed at this point. The characteristics of the organic electrolyte allow for normal operation in ambient conditions of minus 40°C, which results in high cold start efficiency. In low temperature conditions, the parallel use of supercapacitors and batteries can provide higher starting current and therefore a guaranteed start of a diesel generator.

ANALYSIS OF POSSIBLE OPTIONS FOR QUADCOPTERS POWERING

A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Ye. Zarichniak; A. Nedashkovskiy; D. Podolian

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The armed forces of the leading countries are currently experiencing rapid development of unmanned technologies. Since electric motors have obvious advantages over thermal engines, this element of weaponry is essential in a certain sector of operational frontline tasks. The most acute issues are range, decamouflaging factors, protection against EW, and payload size. One of the ways to solve these problems is to use a power cable during UAV flight. This technology solves the following problems:

the drone can remain in the air for an unlimited time, which allows to control certain territory, depending on the requirements;

This technology ensures safe operation of a drone with a fully controlled and physically protected system;

in case of using a power cable with a fibre-optic control channel, the drone is not affected by enemy EW and, due to the absence of electromagnetic radiation, its detection by air defence systems is complicated.

The power stations are lightweight, easy to operate in the field, convenient for transportation and quick to activate;

due to the fixed position, the operator does not need to be distracted by the issues related to its management;

the use of two or three drones connected to each other and a power cable significantly increases the area to be controlled;

the use of a swarm of similar drones, when several drones are powered by one drone and have battery power, allows them to perform tasks autonomously after identifying targets.

Thus, there are the following options for powering and controlling a drone:

1. Power by cable, control by radio signal.

2. Power supply and control by electric cable.

3. Power supply via electric cable with an optical fibre core for controlling a drone.

4. Power supply and control via optical fibre. A laser beam of the appropriate power is transmitted via fibre optics to a drone, where it is received by the photovoltaic (PV) system and used to supply its motors.

The transmission of energy by a laser beam through the atmosphere has certain difficulties, usually in the infrared spectrum, taking into account transparency windows, the need for a beam fixation system on the drone receiver, and others. Optical fibre makes it possible to use more energy-intensive ultraviolet laser beams, which is independent from atmospheric conditions, and improves camouflage capabilities.

The next power supply option is the transmission of electricity via cable. Currently, the drone's power system is powered by 12 or 24 V batteries. Power transmission at these voltage levels is extremely inefficient. Also, electric motors for these voltages have low weight and dimensions. Therefore, it is proposed to transmit electricity through a cable with a voltage of up to 1000 V, its weight depends on the voltage inversely quadratically. On the drone itself, it is advisable to switch to high-voltage motors with a voltage of 100-200 V. To match the voltage levels from the power cable and the motors, use DC-to-DC converters. The presence of such a voltage converter makes it possible to adjust the speed of the motors, and hence the drone, within a wider range.

Depending on the tasks and the conditions on the ground, one of the listed methods of power supply of drones is selected. It should be noted that power supply and signal transmission via an electric cable over 100-150 metres becomes inefficient due to the cable's considerable weight and slower transmission of control signals. The use of fibre optics to transmit laser beam energy and control signals allows to increase the distance over 500 m, but the cost of both the fibre optic coil and the laser installation is several times higher than the system with an electric cable.

INDIVIDUAL POWER SUPPLY SYSTEM FOR SOLDIERS

*A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
N. Kuravska, Candidate of Technical Sciences; Ye. Zarichniak; D. Vylyvok
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In developed countries there is an urgent need to increase the energy efficiency of soldiers in combat missions. This applies to communications, weapons, life-saving and evacuation systems. All of them require small amounts of electricity but, in some cases, considerable power, including laser and acoustic weapons, and at the same time, navigation systems that work only for reception require low power but for a long time.

The amount of electronic equipment included in a soldier's equipment is growing, which means that soldiers need more powerful portable power sources. At the moment, almost a quarter of an in-fantryman's load is made up of portable batteries, which in some cases weigh more than 11 kg. Due to the need to reduce the weight of a soldier's equipment, highly efficient, easy-to-use and light-weight batteries have been developed. The new lithium-acid batteries with a capacity of 300 watt-hours per kilogram are 50% more efficient than the standard batteries currently in use. Darren Browning, a representative of the UK Ministry of Defence's Physical

Sciences Department at the UK Defence Science and Technology Laboratory, speaking at a conference on 'soldiers of the future', insisted that in the future they will be able to increase the capacity of portable batteries to 400 to 600 watt-hours per kilogram.

The conduction of military operations in various parts of the world makes it necessary to conduct intensive searches for alternative sources of energy in military affairs. The range of possibilities is wide: fuel cells, solar panels, ampoule batteries, flow batteries, radioactive RITEG power sources, and others. A programme for the use of alternative resources is under development. It envisages the use of solar cells built into the soldier's uniform. These cells not only convert the sun's rays into electricity but also accumulate it. The problems of using power sources in soldiers' equipment are still being discussed. Experts believe that having a single power source for all electrical appliances used by soldiers is much more efficient than using individual batteries. The power source is placed in a backpack and distributes electricity using a special conductor mounted on the body armour. Such a system allows you to adapt to the specific climatic conditions in which combat operations take place.

The article analyses the possibilities of using known power sources in soldier's equipment. Given the latitude of Ukraine, in winter, the productivity of solar panels decreases by one and a half to two times. The small number of sunny days in winter reduces the performance of solar systems, with the lowest energy generation potential in November and December. The further north you go, the more noticeable this effect is. Ukraine belongs to the zone of risky use of solar panels at latitudes above 500. Given that the area of active hostilities lies south of this limit, the use of solar panels is advisable and desirable under certain circumstances. The relatively high cost of solar panels makes them cost-effective only in certain conditions, when it is possible to mask them, consumers do not require significant power and noise demasking factors are unacceptable when using electromechanical generators.

Although solar panels can be installed almost anywhere, it is clear that efficiency will be higher where there is more sunlight. For example, if the site is on the north side of a steep hill or is shaded by tree canopies, then installation in this location may not be cost-effective. Less efficiency may be in places with high seasonal cloud cover or fog on the coast. In this case, you should conduct a study of the intensity of sunlight, which will make it clear how much energy the solar panels can produce in a given location and whether the installation is advisable.

SIMULATION OF TRANSIENT PROCESSES IN NONLINEAR ELECTRIC CIRCLES

D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

V. Olkhovyk; A. Yevsieiev

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In reality, most electrical devices mis-fit in its composition and non-linear elements, and reactive elements. Therefore, the study of such objects requires the use of special approaches. It is known that the most universal method of the analysis of such objects is the Papaleksi fitting method, which uses the linearization of non-linear characteristics of the corresponding elements. For each section of the linearizing characteristic of a nonlinear element, a corresponding description is made by a linear function. Then the formal description of a real nonlinear object by this method turns into a set of linear differential equations, the switching between which

occurs according to the boundary conditions that cause the transition from one site to another.

Implementation of simulation results on the example of valve circuits with reactive elements is given.

The model contains the following elements:

Output file with state equation matrices for each of the intervals of the valve circuit constant structure.

Calculation file, in which there are laws for changing the output parameters of external sources, initial conditions in the form of cha-su, voltages of capacitive elements, currents of inductive elements. Also in this file there is an operator of numerical integration of the parameters of inertial elements and expressions for the connector account of instant values of control parameters. The moment of re-travel to another linear section is determined by the parameters control re-strokes, and at this moment the time and values of the parameters of the inertial elements are recorded. The calculation results are formed.

In the final file, the calculation results for all calculation files are combined and it is possible to study the agreed instant characteristics of processes in the existing relationship.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR EFFICIENT SEARCH OF POWER CABLE FAULTS

*A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
I. Boklah, Candidate of Technical Sciences; Yu. Musairova, Ph.D.; V. Yevchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The applications of artificial intelligence in various technological processes are gaining in scope. They have also touched the energy sector, in particular when searching for damage of power supply cables. Artificial intelligence-based methods have shown great promise in using neural networks to detect faults in power cables in real time and assess their location. The airfield cable network includes cable lines of different lengths and different brands, which complicates the process of detecting, classifying and estimating the location of faults. The data set (I, U, S, P, Q, W, Ri3, T0) is streaming data that are continuously collected by various sensors and, therefore, require generalised and fast approaches to their 'weight' assessment for each position at the current time. The collected data set for faulty and correct modes, time and combination of loads, at the time of the fault occurrence can provide adequate point labels useful for training neural networks.

The data stream was processed using the LeNET 5 model, which contains the deep learning modules. A convolution layer, a fusion layer, and a full connectivity layer. This model is able to diagnose faults for different cable network lengths and resistances by passing data from the original convolutional neural network to predict the target data set. By transmitting this data, faults in different directions, even without sufficient labelled data samples, can be diagnosed faster and more efficiently than by existing methods. Seven different datasets are used to demonstrate the feasibility and effectiveness of this methodology, including cable networks of different lengths. The validity of the proposed methodology in terms of voltage fluctuations, changes in fault locations, fault angle, fault resistance and phase difference between two labels has been well studied.

Machine learning is one of the most commonly used artificial intelligence (AI) technologies in predictive maintenance. Nowadays, this issue is also becoming

relevant for cable networks. It involves algorithms that learn from previous events (caused by previous cable network malfunctions), and a preliminary forecast based on this data is made. In high-voltage power systems, machine learning algorithms are used to detect anomalies in ex-operational data that indicate potential faults or failures. Through continuous learning and adaptation, these algorithms can improve their accuracy over time. A common approach in machine learning is to use supervised learning, where algorithms are trained on labelled data sets. These datasets contain examples of normal and abnormal operating conditions, which allow the algorithm to distinguish them. Another important concept is unsupervised learning, where algorithms identify patterns in unlabelled data to detect unknown anomalies or new types of faults. Both approaches can provide valuable information about the condition of high-voltage cable networks in power systems and indicate potential problems at an early stage.

The future of AI-powered predictive maintenance in high-voltage power systems looks promising as the technology continues to evolve. Advances in sensors, data processing, and AI algorithms will further improve the capabilities of predictive maintenance and thus the timely and predictive location of cable faults. Combining information streams can provide even more complete and detailed data collection, leading to more accurate predictions and better strategies for predicting cable-related incidents. Moreover, advances in AI research will open up new opportunities to improve the efficiency of predictive maintenance systems. The development of advanced machine learning and deep learning algorithms will allow better detection of complex patterns and anomalies in data, leading to more accurate predictions. These technologies will help maintenance personnel better understand their systems and make maintenance decisions more effective.

FUEL CELLS AS ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRICITY FOR WASTE MANAGEMENT SYSTEMS

*A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Yu. Musairova, Ph.D.; O. Sal'nyk; A. Mikhnenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Fuel cells are actively used in various fields, and especially in the military affairs of the world's leading countries. There is a wide variety of their types. Currently, the most widespread are:

– Solid oxide fuel cells – a type of fuel cell in which the electrolyte is a ceramic material. These cells operate at a very high temperature (700-1000°C) and are mainly used for stationary installations with a capacity of 1 kW and above. Their exhaust gases can be used to drive a gas turbine to increase the overall efficiency. The efficiency of such a hybrid system can reach 70%. Also, these cells do not require expensive catalytic converters and can run on variety of fuels.

– A methanol fuel cell is a cell with a proton exchange membrane in which the fuel, methanol, is not pre-decomposed to produce hydrogen but is directly used in the fuel cell. It operates at temperatures of 50-120 °C. Cells with direct methanol oxidation can be considered as a source of power supply for mobile facilities. Orthophosphoric acid-based cells are used as power sources at temperatures up to 150-220 °C.

– Alkaline fuel cells are one of the most commonly used cells, with 70% efficiency. They are cheap to manufacture, have a temperature range of 65 °C to

220 °C, and can also be used as an autonomous power source for air defence systems.

– Nordic Power Systems has launched a series of "quiet diesel units", the essence of which is to produce hydrogen from diesel fuel by reforming (the fuel is heated and mixed with air and steam), which further synthesises hydrogen, which feed the fuel cell.

The above mentioned fuel cells, when reaching installed capacities of up to 100 kW, can be considered as alternative power sources for air defence systems. However, their use in mobile systems requires solving a number of problems. In particular, they are made of relatively fragile components that are extremely sensitive to vibrations – graphite, weak polymers or stainless steel with a ceramic coating to withstand strong acids. The storage and transportation of fuels such as hydrogen, methanol, and oxygen also requires additional design complications.

At the same time, traditional energy conversion and distribution systems are extremely inefficient, with only 30% of primary energy being delivered as useful energy. Fuel cells convert chemical energy into electrical energy more efficiently and have almost no disguising factors such as sound (diesel engine) or heat (exhaust gases). However, key challenges such as low efficiency at high power densities, dependence on hydrogen, high rare earth metal requirements and short lifetimes of typical catalyst/carrier configurations still need to be addressed. Possible solutions include the identification of highly active, low-cost alternative catalysts and fuels. Another option is to introduce a split power supply system at the radwaste storage facilities, where each unit of equipment in a division has its own source of fuel cell power. First, there is no need for a cable network, and second, the installed capacity of fuel cells is reduced, which significantly affects their cost.

The development of new fuel cell technologies is aimed at achieving higher power density. The current power density is around 4 kWh/l. Perfluorosulfonic acid-based polymers, although chemically stable, are expected to remain dominant in the coming decades. However, polymers based on polybenzimidazole (PBI) have the potential to enter the market due to their increased proton conductivity. In general, research efforts are focused on developing advanced membrane materials to support higher performance fuel cells with higher power outputs.

METHODS FOR DETERMINING THE ACTUAL FUEL ADVANCE ANGLE OF DIESEL GENERATORS OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The assessment of the technical condition of components, assemblies and the entire engine as a whole is carried out according to diagnostic parameters, and the need for maintenance and repair operations is determined by the separate values of these parameters. If the permissible deviations are taken with a large margin, then additional costs for repair and maintenance of the equipment are inevitable, due to frequent adjustments, repairs and not always justified replacement of parts and assemblies. If you try to reduce costs, the reliability of the equipment decreases.

The diagnostic methods and tools developed to date do not allow measuring the fuel supply with the accuracy required by the standards. The spread of the fuel advance angle values in the cylinders can be due to the following factors:

- violations of the geometry of the camshaft cam profile during its manufacture in factory conditions;
- small deviations in the connection of the camshaft sections;
- individual wear of the cams during the operation of the diesel engine;
- changes in the relative position of the cams due to shaft twisting during operation;
- total wear of pusher parts.

The method of adjusting the fuel equipment when assembling a diesel engine, established by the operating instructions, does not take these factors into account, which necessitates further correction of the angle based on the results of measuring the maximum pressure in the cylinders. The solution to this problem is to measure the actual angle of the fuel advance for each fuel pump and subsequently adjust the size "K" for it (the thickness of the gasket set) based on the results of the measurements. Measuring the actual angles of the fuel advance for the cylinders shows that their spread on one diesel engine, as already noted, often reaches eight or more degrees of crankshaft rotation. After appropriate adjustment of the size "K" (change in the thickness of the adjusting gaskets) for each pump, the spread of the values of the angles does not exceed the permissible limits.

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF POLYMER INSULATORS

V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

O. Kamyshinsky; K. Lubyayov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The main advantages of polymer insulators include a lower level of radio interference compared to analogues, lower weight than porcelain and glass insulators, hydrophobicity of the shell and ease of transportation and simple installation. But when operating polymer insulators, certain problems have also arisen.

One of the problems of using polymer insulators is the phenomenon of "brittle fracture" of the insulator rod. "Brittle fracture" is a phenomenon in which a chemical reaction occurs between fiberglass and active chemicals, especially with acid solutions. Brittle fracture occurs when ions of the glass lattice exchange with acid ions in combination with the action of mechanical load.

It should also be noted that active substances in different concentrations are always present in the air. These substances actively react under normal atmospheric exposure. For example, as a result of the passage of electric discharges in humid air (leakage currents), nitric acid is created, which reacts with ions of the glass lattice of a polymer insulator.

When polymer insulators were put into operation, cases of overlapping of these insulators were noted. Therefore, it is recommended to test polymer insulators before putting them into operation with a voltage 1.5 times higher than the operating voltage.

In the conditions of pushing manufacturers of polymer insulators to more widespread use of their products, consumers have a misconception about polymer insulators, that supposedly a polymer insulator is universal and its scope of use is unlimited, and ceramic and glass insulators are outdated and no longer meet modern requirements. In this regard, it should be noted that the rejection of ceramic and glass insulators, which have been operated for decades, can lead to serious consequences.

AUTOMATIC CONTROL OF ELECTRIC DRIVES

*O. Ruchka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; B. Zlobin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The control of electric drives involves operations such as starting, speed regulation, braking, reversing, and maintaining the operating mode of the drive in accordance with the requirements of the technological process. This can be accomplished either by automatic control devices or by manual operation devices. Automatic control of electric drives is one of the key conditions for increasing the productivity of mechanisms. Modern practices of automatic control include program-based control, where the operation of mechanisms is carried out according to a pre-set program.

Automation simplifies the maintenance of mechanisms, allowing for remote control of electric drives. This is particularly important for technical systems where direct proximity to the motors is difficult due to spatial constraints or technological process specifics.

For automatic control of electric drives, relay-contact devices are employed in combination with other automation tools, such as electromechanical and magnetic amplifiers, electron-ion and semiconductor devices, and logic elements.

Non-contact electrical devices based on controlled valves are increasingly used due to their significantly shorter response times and longer service life compared to contactors and relays.

In automatic control of electric drives, there are two main types of control systems: open-loop and closed-loop control systems. Open-loop systems are simpler but are affected by external disturbances, which can lead to deviations in the set operating mode. Closed-loop systems are more complex but also more advanced. These systems can maintain the desired operating mode regardless of external disturbances. A characteristic feature of closed-loop systems is the presence of feedback loops that connect the system's output to its input. There may also be internal feedback loops within the system's components. These feedback loops can transmit signals proportional to current, voltage, speed, or angular displacement and are classified accordingly as current feedback, voltage feedback, speed feedback, or angle feedback.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS ON THE POSSIBILITY OF USING FUEL CELLS AS ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRICITY TO POWER ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES IN COMBAT CONDITIONS

*M. Kuravsky; A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Volovodiuk; Yu. Mikhnenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Fuel cells are devices for the direct conversion of chemical energy of fuel into electrical energy. Unlike thermal power plants (TPP), which first convert chemical energy of fuel into heat – superheated water vapor under high pressure, and then use it to drive turbine rotors and obtain electrical energy, in fuel cells the chemical energy of reactants is converted into electrical energy without intermediate transformations. Power plants based on fuel cells are compact and convenient to use.

Fuel cells can be a promising alternative source of electricity for powering anti-aircraft missile systems in combat conditions. Here are some suggestions for their use:

Fuel cell type selection: Hydrogen fuel cells (PEMFC) and methanol fuel cells (DMFC) may be the most suitable for military applications. They have high efficiency and can operate at a variety of temperatures.

Mobility and compactness: fuel cells can be integrated into mobile power plants, which will allow for autonomous power supply of anti-aircraft systems in field conditions.

The use of fuel cells reduces emissions of harmful substances compared to traditional energy sources, which is an important factor in combat conditions.

Fuel cells have high reliability and can operate continuously for long periods of time, which is critical for military applications.

Energy efficiency: fuel cells provide high energy efficiency, which allows to reduce fuel costs and increase the efficiency of anti-aircraft systems.

Fuel cells are devices for the direct conversion of chemical energy of fuel into electrical energy. Electrochemical devices in which hydrogen is the fuel and oxygen is the oxidant are called hydrogen -oxygen fuel cells. Currently, the greatest success has been achieved in the development, manufacture and commercialization of fuel cells with alkaline and solid polymer electrolytes (ion-exchange membranes) and hydrogen fuel oxidized by high-purity oxygen. The efficiency of fuel cells and electrical installations based on them depends on the nature of the catalysts, the design and porosity of the electrodes, the overvoltage of electrochemical reactions at the anode and cathode, the electrical resistance of the membranes, the chemical purity of the fuel and oxidant, and other things. To reduce the overvoltage of electrochemical reactions at the cathode, increase the EMF and specific energy of fuel cells, electroactive catalysts with a developed surface are applied to the surface of their cathodes.

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM FOR DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF POWER CABLE LINES AT MILITARY AIRFIELDS

A. Moskalets¹; M. Pohodina²; O. Sal'nik²; V. Sklyarova²

¹Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Power cable lines are an integral part of the military airfields power supply systems. They provide uninterrupted power supply to all elements and equipment at the airfield. Today, power supply systems mainly operate outdated cable lines that have actually exhausted their resource. Accordingly, the reliability of power supply to military airfields is reduced, combat readiness is undermined, and the ability to provide aviation flights is lost. To ensure the reliability of power supply, it is necessary to implement modern systems for determining the technical condition of power cable lines.

According to the requirements of the Rules for the Technical Operation of Consumers Electrical Installations, the following checks must be carried out on cable lines: checking the integrity and phasing of the cores; measuring insulation resistance; testing with increased rectified voltage; measuring the load current. But they are carried out periodically and do not allow monitoring the technical condition

of cable lines in real time. In addition, testing with increased voltage can lead to the destruction of a working cable.

Promising non-destructive methods for cable diagnostics include: a method for measuring and localizing partial discharges in cable lines; a method for measuring and analyzing reverse voltage in cable insulation; a method for measuring relaxation current in power cables; a method for measuring dielectric characteristics of cable insulation; a reflectometry method.

ANALYSIS OF MEANS OF SYNCHRONOUS GENERATORS EXCITATION AUTOMATIC REGULATION IN RADAR STATIONS POWER SUPPLY SYSTEMS

*V. Dondiuk¹; S. Khabosha²; N. Kuravska², Candidate of Technical Sciences;
M. Datsenko²*

*¹Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command of the
Armed Forces of Ukraine;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The analysis of the use of radar stations in the conduct of hostilities during the invasion of the Russian Federation showed that to obtain an alternating voltage with a frequency of 400, the most widely used are electromechanical frequency converters of the PSCH series.

An asynchronous motor with a squirrel-cage rotor is used as a drive motor in the PSCH series frequency converters. A significant drawback of such motors is the dependence of the speed of rotation of the motor shaft, and, consequently, the frequency at the output of the converter, on the magnitude of the load from the generator of this converter.

To stabilize the frequency of 400 Hz at the PSCH output, it is proposed to develop a device for regulating the speed of rotation of the drive motor of the electromechanical frequency converter based on a thyristor converter.

The proposed device for regulating the speed of rotation of the asynchronous motor of the electromechanical frequency converter is expedient to use in power supply systems of radar stations.

OPTIMIZING ENERGY CONSUMPTION IN UAV RECONNAISSANCE FLIGHTS

*B. Zulfugarov; A. Manafov
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Minimizing energy consumption during reconnaissance flights of military unmanned aerial vehicles (UAVs) is essential for operational efficiency and extended mission duration. Traditional path planning approaches often equate the shortest distance with optimal energy use; however, this assumption neglects energy-intensive factors such as course changes and UAV acceleration. This paper presents a comprehensive analysis of 14 practical criteria aimed at optimizing UAV flight for reduced energy consumption. These include maintaining lower altitudes to benefit from stable air density, minimizing course deviations, employing wide-angle lenses for efficient area coverage, and optimizing descent strategies upon mission completion. Further strategies involve regulating the power of data transmission systems, implementing wide-area surveillance through coordinated UAV swarms

with altitude self-adjustment, and integrating high-speed processors to shorten mission time. The study also highlights the effectiveness of brushless DC motors in reducing UAV weight and energy use. Joint optimization of flight paths and communication energy efficiency is emphasized as a holistic solution. By addressing both aerodynamic and electronic aspects of UAV operations, this research provides actionable insights into energy-efficient UAV design and mission planning, potentially reducing energy consumption by up to 150% in coordinated flight scenarios.

References

1. Hashimov E.G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 21-31.
2. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // *Bulgarska Voenna Misal*. – 2018.
3. Hashimov E.G., Bayramov A.A. The flight dynamics of drones // National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 11-16.
4. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // *Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference*. – 2023. – № 6. – С. 54-56.
5. Hasanov A.H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages // *Advanced Information Systems*. – 2023. – Т. 7. – № 3. – С. 74-80.
6. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // *Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9 міжн. наук.-техн. конф. Том 1. – Черкаси – Харків – Баку – Бельсько-Бяла: 18-19 листопада, – 2021, – с. 118-119.*
7. Hashimov E.G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition // *Proc. of Vth international scientific technical conference "Modern development directions of data communication technology and control means"*. – 2015. – С. 23-24.

EVALUATING ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR DEFENSE APPLICATIONS

*B. Zulfugarov; A. Manafov
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This study investigates and compares the operational efficiency of seven major types of energy storage systems with the goal of identifying the most suitable option for ensuring uninterrupted energy supply for the Armed Forces of Azerbaijan. As the country shifts toward renewable energy sources, the role of energy storage becomes increasingly critical, especially due to the intermittent nature of renewables. The energy storage types analyzed include electrochemical, capacitor-based, thermal, flywheel, gravitational, pneumatic, and cryogenic systems. Using a multi-parameter assessment methodology, each storage type was evaluated across seven technical and economic criteria: output power, capacity, efficiency, response time, discharge duration at nominal load, service life, and specific cost. A unified rating system was developed, assigning weighted scores to each parameter to compute an overall efficiency index. The results confirm the initial hypothesis that gravitational energy storage exhibits the highest overall performance among the systems analyzed, making it a strong candidate for large-scale implementation in military and potentially civilian infrastructure. This analysis provides a scientifically grounded

foundation for guiding future energy infrastructure planning in Azerbaijan under both strategic and environmental considerations.

References

1. Zulfugarov, B., Hasanov, A., & Hashimov, E. (2023). Comparative analysis of the efficiency of various energy storages. Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and Practical Conference, (6), 42-45. <https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.010>.
2. Hasanov A.H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages //Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – № 3. – С. 74-80. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.11>.

**DEVELOPMENT OF A COMPACT AND ENERGY-EFFICIENT
ACOUSTO-OPTICAL LOCATOR FOR MODERN MILITARY
PLATFORMS**

*A. Huseynov, Ph.D., prof.; E. Hashimov, ScD, prof.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This paper presents the concept, design, and operational analysis of an atmospheric acousto-optical locator with electronic scanning, developed by modern military requirements. The system integrates acoustic and optical sensing technologies with high-speed electronic scanning to enhance real-time detection, tracking, and classification of airborne, ground, and naval targets. Emphasis is placed on the system's performance in complex atmospheric environments influenced by turbulence, temperature gradients, and electromagnetic interference.

The locator is designed to meet stringent military standards, including high angular and range resolution, rapid response time (less than 10 ms), and high data update frequency (≥ 100 Hz). It demonstrates reliable target detection with radar cross-sections as low as 0.01 m^2 , even under jamming and countermeasure conditions. Adaptive signal processing algorithms such as Kalman filtering and neural network-based classification are implemented for enhanced target recognition and trajectory prediction.

Simulation and comparative analysis confirm the system's superiority over traditional observation tools, particularly in terms of mobility, energy efficiency ($\leq 200 \text{ W}$), and resistance to interference. The compact design ($\leq 20 \text{ kg}$) enables integration with UAVs, mobile vehicles, and naval platforms. The results suggest that the proposed system offers a highly capable and flexible solution for modern military surveillance, early warning, and reconnaissance operations.

References

1. Skolnik M.I. Radar Handbook. 3rd ed. – New York : McGraw-Hill, 2008. – 1072 p.
2. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B.G. Ibrahimov, E.G. Hashimov // Проблеми інформатизації : тези доп. 11 міжн. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р. [у 3 т.]. Т.1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
3. Bayramov A.A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
4. Ibrahimov B.G. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system // – Kharkiv: Advanced Information Systems. 2024. Vol. 8, No. 2. pp. 58-64. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.2.07>.

5. Richards M.A. Fundamentals of Radar Signal Processing. 2nd ed. – New York : McGraw-Hill, 2014. – 416 p.

6. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9 міжн. наук.-техн. конф. Том 1. – Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла, 18-19 листопада, – 2021, – с. 118-119.

7. Hashimov E.G. About one method of navigation task solution // АНМС after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – № 20. – С. 45-49.

8. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // Modeling, Control and Information Technologies : Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – № 6. – С. 54-56.

9. Hasanov A.H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages // Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – №. 3. – С. 74-80.

BUILDING A GREEN ENERGY CULTURE FOR MILITARY APPLICATIONS

B. Zulfugarov; A. Manafov

National Defense University (Baku, Azerbaijan)

In the context of global ecological transformation and growing energy security concerns, fostering a culture of sustainable clean and green energy use within the military sector has become a strategic necessity. This paper explores the formation of an eco-conscious energy culture in armed forces as both a functional requirement and a component of national resilience. The study emphasizes the integration of renewable energy sources – such as solar, wind, hydropower, and bioenergy – into military infrastructure and operations. It analyzes the role of environmental education, institutional policy, technological innovation, and operational planning in promoting responsible energy use among military personnel. Special attention is given to the relevance of this transformation in Azerbaijan, a country increasingly committed to green energy strategies, particularly as the host of COP29. Key findings indicate that clean energy adoption in the military not only reduces the carbon footprint and logistical dependency on fossil fuels but also enhances operational autonomy and sustainability in remote or combat environments. Ultimately, building a green energy culture within defense systems represents a forward-looking approach that combines environmental responsibility with strategic military efficiency.

References

1. Hasanov, A.H., Hashimov, E.G., & Zulfugarov, B.S. (2023). Comparative analysis of the efficiency of various energy storages. *Advanced Information Systems*, 7(3), 74-80. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.11>.

2. Zulfugarov, B., Hasanov, A., & Hashimov, E. (2023). Comparative analysis of the efficiency of various energy storages. *Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and Practical Conference*, (6), 42-45. <https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.010>.

3. Altassan, A. Sustainable Integration of Solar Energy, Behavior Change, and Recycling Practices in Educational Institutions: A Holistic Framework for Environmental Conservation and Quality Education // *Sustainability*, – 2023. Volume 15, Issue 20, 15157; <https://doi.org/10.3390/su152015157>.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING CONTROL SYSTEMS FOR OPERATING MODES OF INDUCTION ENGINES OF ANTIRECRAFT MISSILE COMPLEXES

*S. Khabosha; M. Letucha; S. Guseva; M. Smazhenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

According to the experience of using anti-aircraft missile units in combat operations, the S-300PT and S-300PS anti-aircraft missile systems constitute the main firepower in the air defense system and are used to protect the most important industrial and military facilities.

Hz voltage to power consumers of anti-aircraft missile divisions, is carried out mainly by visual inspection and simple measurements. This does not allow to fully determine the technical condition of the motor and predict the appearance of certain malfunctions in the future. Several proposals for improving the control systems for the operation modes of asynchronous motors of anti-aircraft missile systems:

– development of modern methods and means of determining the technical condition of asynchronous motors of electromechanical frequency converters using mathematical modeling to analyze the dynamic operating modes of asynchronous motors with a massive ferromagnetic rotor. For effective and reliable diagnostics of asynchronous motors of electromechanical frequency converters, it is most advisable to use a method fundamentally based on the method of analyzing current and voltage spectra;

– integration of innovative technologies, such as the use of modern electronic computers and numerical methods to optimize the operating modes of induction motors;

– modernization of existing management systems and implementation of new technologies to increase efficiency. Such as using neural networks - developing a control system based on neural networks to optimize motor torque in field weakening mode.

For electrical engineering units involved in combat operations, the use of this method allows for the full implementation of the technology for servicing equipment according to the actual condition, which ensures a minimum reduction in "emergency" equipment failures due to early detection of incipient defects and control of damage development.

WAYS TO IMPROVE MEANS FOR STARTING DIESEL ENGINES OF MOBILE POWER PLANTS

*R. Shutov¹; A. Panchenko², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. Pohodina²; M. Klymenko²*

*¹Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command of the
Armed Forces of Ukraine;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Analysis of the performance of tasks by the Armed Forces of Ukraine in field conditions revealed certain problems associated with the operation of mobile electrical energy sources, such as diesel power plants and diesel power units,

especially in low temperature conditions. In particular, there were problems with reliable start-up of diesel engines of power plants (power units) during their frequent starts due to a decrease in the starter batteries charge level and the lack of sufficient time for their recharging. This, in turn, does not make it possible to provide timely electrical energy to weapons complexes and military equipment when performing their assigned tasks. Thus, a disruption in the anti-aircraft missile systems power supply can lead to a disruption in the targeting of anti-aircraft guided missiles and, as a result, the destruction of protected objects or the positions of the anti-aircraft missile systems themselves.

The paper proposes a method for the joint operation of the battery and the ionistor, which significantly improves the reliability of starting diesel generators in combat conditions. The improved starting system guarantees reliable starting even with discharged batteries, by gradually charging the ionistor from the discharged battery with small currents. In critical situations, charging from low-power galvanic cells is also allowed with the introduction of an additional current-limiting resistor.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TRANSIENT PARAMETERS PROCESS FOR SYNCHRONIZATION OF GENERATORS FOR THE POSSIBILITY OF THEM SWITCHING ON IN PARALLEL WORK

*A. Moskalets¹; G. Lahutin², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. Andreeva¹; A. Chernoculsky¹*

*¹Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National of Air Force University*

Parallel operation of generators is an effective means of ensuring uninterrupted power supply in power systems. This may be due, firstly, to the need to transfer power supply of munitions and weapons complexes from the state grid to autonomous sources of electricity and in the opposite direction when transferring to different levels of combat readiness, secondly, to the requirements of increasing the reliability of power supply due to the parallel operation of several power units during combat operations, and thirdly, it makes it possible to take some units out of operation for maintenance or repair.

The power supply system of military facilities, as a rule, includes two or more synchronous generators operating separately or in parallel. To enable generators to operate in parallel, it is necessary to perform certain operations, that is, to synchronize. The synchronization mode precedes the parallel operation of electrical energy sources, which is why it has become widespread in power supply systems. This mode is very responsible and, despite its short duration, can cause serious disruptions in the operation of electrical energy receivers.

In conditions of combat duty by units of the Armed Forces of Ukraine, there is often a need to switch on various sources of electrical energy for parallel operation. Failure to meet synchronization conditions when switching on synchronous generators for parallel operation can lead to voltage drops and current surges, which in turn will cause failure or malfunctions in the operation of elements of weapons complexes and military equipment.

Switching generators on to parallel operation can be performed by self-synchronization, coarse synchronization, and fine synchronization methods. Usually, automatic fine synchronization devices are used to switch synchronous generators on to parallel operation in power supply systems of armament complexes and

military equipment, in which the command to turn on the generator switch is given with a constant advance angle, with a constant advance time, or in the calculated zone of phase shift angles and slip frequencies. In each case, the angular slip velocity is controlled, which is one of the most important parameters during synchronization.

When constructing synchronizers with a constant advance angle, the calculated value of the angular sliding velocity ω_s should be taken into account. It should be noted that if its value exceeds the maximum possible angular sliding velocity for the selected types of generators, then the use of such a synchronizer will be impossible.

When choosing the parameters of generators: supertransient reactances and inertial steels, it is necessary to calculate the maximum angular sliding velocities $\omega_{s \max}$, which should be expected when using the exact synchronization method, which is a risk during rotation when they are switched to parallel operation.

ДВОСТАТОРНИЙ РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН ДЛЯ ПРИВОДУ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ОБЕРТОВИХ МЕХАНІЗМІВ ОБТ

*М.В. Корнієнко; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.; Д.М. Лушпай; І.С. Трунова
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Часто, окремі елементи озброєння та військової техніки, які потрібно приводити у обертання, мають досить великі габарити. Прикладом може бути антена радіолокаційної станції, у якої як габарити так і вага є значними. Для обертання подібних конструкцій використовуються потужні електричні двигуни, які, крім того, потребують редукторних механізмів передачі крутного моменту.

Одним з технічних рішень, які реалізовані у автомобільній техніці з електричним приводом, є двигун, активні елементи якого змонтовано на статорі, а ротор являє собою зубчатий диск з феромагнітного матеріалу. Крім того, для зменшення концентрації активних елементів електричного двигуна на статорі, тобто для збільшення простору для їх розміщення, статор розділено на дві частини, одна з яких традиційно є зовнішньою, а друга розміщена в середині двигуна. При цьому частина активних елементів двигуна розміщена на зовнішньому статорі, а інша – на внутрішньому. Ротор, при цьому, перетворюється з зубчатою диску на зубчате кільце.

Пропонується розглянути випадок, коли активні елементи статора зосереджені у певному визначеному просторі, а ротор має досить великий діаметр, порівняний з розмірами великогабаритного приводного механізму. В такому разі, електричний двигун набуває ознак лінійного електричного двигуна, оскільки дуга активної частини двигуна, у якій електромагнітна взаємодія перетворюється на механічну роботу, має досить великий радіус. Наведено основні розрахункові співвідношення стосовно двостаторних реактивних двигунів, які дозволяють оцінити енергетичні характеристики пропонованої конструкції електричного двигуна, а також математичну модель, на підставі якої можливе дослідження основних електромеханічних характеристик.

ЗАМКНЕНА ЕЛЕКТРИЧНА ГАЗОТУРБІННА ЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ЦИКЛОМ БРАЙТОНА

*М.О. Катренко, д.т.н., доц.; Г.О. Стрельніков, д.т.н., проф.
Інститут технічної механіки
Національної академії наук України і Державного
космічного агентства України*

Запропонований варіант енергетичної установки з газодинамічним трактом, ізольованим від навколишнього середовища. Вона складається з системи первинної заправки газом, турбомашинного перетворювача, який містить на одному валу компресор, турбіну та електрогенератор, рекуператора, холодильника – випромінювача, теплоприймального пристрою, та системи керування. Орієнтовний діапазон корисної електричної потужності складає 2 – 10 кВт.

Така установка працює за циклом Брайтона і має велику перевагу перед іншими типами. Для неї в якості джерела енергії може бути використано хімічне паливо (наприклад, вугілля і дрова), енергія сонячного випромінювання, радіоізотопні, ядерні або геотермальні джерела енергії. В найпростішому і найлегшому варіанті установка може бути створена на основі використання одноконтурного холодильника-випромінювача та в якості робочого тіла – повітря або суміші благородних газів.

Цей тип установки може використовуватись в умовах потреб озброєних сил у мобільних та компактних джерелах електричної енергії, при будь-яких умовах навколишнього середовища, з використанням наявних підручних палив для виробництва електричної енергії на основі реалізації циклу Брайтона.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГУНА ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ОВТ

*Р.Б. Ахмедов; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.; О.А. Ульянець
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

У електроприводах озброєння та військової техніки традиційно використовуються двигуни постійного струму та асинхронні електричні двигуни. Ці двигуни отримали широке поширення в техніці з моменту їх винаходу, тому технології їх виробництва вважаються достатньо досконалими, що забезпечує їх високі технічні характеристики у межах визначених умов експлуатації. В той же час, стрімкий розвиток електромобілів сприяв розробці та впровадженню новітніх типів електричних двигунів, які мають високі енергетичні та масо-габаритні показники порівняно з традиційними типами.

Одним з перспективних типів електричних двигунів, який до теперішнього часу вважається недостатньо дослідженим але має впроваджені успішні технічні реалізації, є синхронний реактивний двигун. У закордонній класифікації його називають synchronous reluctance motor (SynRM). Одними з переваг такого двигуна, порівняно з деякими іншими типами, є відсутність потреби у постійних магнітах на основі рідкоземельних металів та відсутність обмоток на роторі. Ці ознаки визначають його відносно низьку вартість та високу надійність.

Запропонована реалізація математичної моделі SynRM у програмному комплексі Matlab/Simulink, яка дозволяє досліджувати характеристики двигуна залежно від параметрів його магнітної системи, а також вплив аварійних режимів роботи на тягові характеристики. Як аварійні режими розглядаються обрив та коротке замикання фазного проводу.

WAYS TO IMPROVE ACTIVE LOAD DISTRIBUTION DEVICES DURING PARALLEL OPERATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS

*V. Dondiuk¹; V. Uvarov², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Sal'nik²; D. Andriev²*

*¹Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command of the
Armed Forces of Ukraine;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The experience of the russian-Ukrainian war shows that reliable uninterrupted power supply to anti-aircraft missile complexes can be achieved only through long-term autonomous operation of power plants (power units). Therefore, it is relevant to conduct research aimed at developing methods for distributing active loads during parallel operation of synchronous generators in the power supply systems of anti-aircraft missile complexes.

The distribution of active power between electrical units can be carried out by changing the fuel supply to the cylinders of the internal combustion engine. The simplest and most commonly used method of distributing active loads is the static characteristics method. The second method of ensuring uniform distribution of active loads is the leading unit method.

The existing active load distribution system of the 5I57A diesel power plant reacts to power deviations of more than 10 kW. Therefore, when two units with a capacity of 100 kW each are operated in parallel, the maximum output power is only 180 kW. The use of modern digital power distribution systems allows you to respond to uneven distribution of active power from 1 kW. This ensures full use of the power of units operating in parallel.

FEATURES OF DETERMINING THE MOBILE POWER PLANTS SYNCHRONOUS GENERATORS TECHNICAL CONDITION

S. Korobko¹; M. Pohodina²; O. Vorobyov²; B. Khablyuk²

*¹Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command
of the Armed Forces of Ukraine;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The paper reveals the main methods of diagnosing synchronous generators according to three criteria: the number of devices, the number of operations, the accuracy of measurement, and analyzes the equipment of the 5I57A power plant in terms of using the described methods for diagnosing electrical machines. The main types of tests of synchronous generators are: to determine losses and efficiency; for heating; to determine the resistance of windings and insulation; to determine the electrical strength of insulation; for short-term overload; to determine the level of noise and vibrations, etc.

The following blocks are used to monitor the state of the 5157A power plant synchronous generator: voltage and frequency control block; current protection block; power distribution block.

Various modifications of the ammeter-voltmeter method are used to monitor the state of the generator. In most cases, it meets the needs of a power plant of the III degree of automation. To increase the flexibility of the control system, it may be proposed to use an additional load angle measurement block in order to separate cases of excitation system malfunctions from external malfunctions.

The results of the analysis can be used to create a modern control system based on microprocessor systems, which will allow to significantly expand functional diagnostic (control) systems while reducing weight and dimensions.

МАГНІТНА ПЕРЕДАЧА У СКЛАДІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ОВТ

*С.О. Апальков; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.; В.С. Яровий; О.М. Терещенко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Для реалізації складних алгоритмів роботи електроприводу передбачається гнучке регулювання частоти обертання та перерозподіл крутних моментів приводних двигунів. Військова техніка, у якій втілюються новітні технічні рішення, які підвищують її функціональність, також часто потребує подібних механізмів, роль яких традиційно виконують механічні редукторні передачі. Головні недоліки механічних передач пов'язані з наявністю осередків тертя, які потребують постійної уваги при експлуатації, а також є джерелами шумів та вібрацій.

Сучасні досягнення в галузі електричних машин, за рахунок високих рівнів потужності магнітних полів, дозволяють створювати різноманітні електромагнітні редукторні механізми, які за своїми технічними характеристиками не поступаються традиційним системам, а за певними параметрами перевищують їх.

Розглянуто магнітну концентричну передачу, яка являє собою спеціальну електричну машину, що складається з зовнішнього та внутрішнього роторів та модулюючого кільця. При цьому ротори мають обмотки та постійні магніти, а модулююче кільце являє собою масив феромагнітних елементів, через які замкаються магнітні потоки роторів. Для такої конструкції можливі різні режими роботи, оскільки ротори та модулююче кільце у певних режимах можуть бути нерухомими, або обертатися в один бік, або обертатися у протилежні боки.

Наведено основні співвідношення та підходи до проектування подібного роду пристроїв.

СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ШАСІ ОВТ

*М.О. Гарбуз; О.В. Шевченко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Особливістю, так званого, Верн'єрівського електричного двигуна є те, що він вбудований у конструкцію приводного механізму. Для нас, цей пристрій відомий як мотор-колесо. Для електромобілів подібний пристрій вважається не

ефективним, оскільки вага колеса має значний вплив на експлуатаційні характеристики автомобіля. Однак, для військової техніки, де потрібні високі значення крутного моменту при досить низьких швидкостях, подібне технічне рішення можна вважати прийнятним.

Навіть для простішого випадку, коли електромобіль має два ведучих колеса, він потребує два джерела живлення для двох двигунів. У випадку трифазного синхронного двигуна джерело живлення являє собою трифазний інвертор керований за принципом широтно-імпульсної модуляції. Тобто при використанні традиційної мостової схеми інвертор має шість керованих вентилів, а перетворювач в цілому – дванадцять. Для зменшення вартості перетворювача запропоновані спеціальні схеми, у яких використовуються десять або дев'ять вентилів. У першому випадку, два комплекти з чотирьох вентилів, зібраних за мостовою схемою, забезпечують роздільне живлення двох фаз кожної синхронної машини, а два вентиля утворюють фазу живлення загальну для третьої фази обох синхронних двигунів. У другому випадку, схема інвертора являє собою три паралельні гілки складені з трьох послідовно ввімкнених керованих вентилів, між якими підключено виводи фазних обмоток трифазних двигунів.

Запропоновано реалізовану у програмному середовищі Matlab/Simulink модель, яка дозволяє проводити дослідження таких перетворювачів, включаючи їх роботу у різних режимах навантаження та аварійних режимах, пов'язаних з пошкодженнями окремих вентилів.

WAYS TO IMPROVE THE SCHEMES OF SYNCHRONOUS GENERATORS OUTPUT VOLTAGE AUTOMATIC STABILIZATION OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS MOBILE POWER PLANTS

*A. Plaksiuk¹; V. Uvarov², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
N. Kuravska², Candidate of Technical Sciences; Yu. Sadova²*

*¹Center for special engineering works of the Command of the Support Forces
of the Armed Forces of Ukraine;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The reconnaissance capabilities of anti-aircraft missile units depend on the magnitude of deviations and fluctuations in supply voltages from the anti-aircraft missile systems power supply systems; the probability of hitting a target is also significantly affected by such indicators of the quality of electrical energy as the deviation of the supply voltage frequency, the duration of the voltage drop, etc.; individual characteristics of the anti-aircraft missile systems power supply systems affect such indicators of the anti-aircraft missile systems combat capabilities as the time of transfer to combat readiness higher levels, the firing cycle, the time of transferring fire to the next target.

Voltage regulation devices that implement the deviation regulation method, to which electromechanical excitation belongs, do not provide high reliability and speed and therefore should not be used in combat conditions. To increase the reliability and speed of operation of synchronous generators voltage regulation devices in combat conditions, it is advisable to use combined excitation methods. Self-excited voltage regulators in dynamic modes have worse characteristics

compared to devices with independent excitation, which is especially evident in emergency situations, such as short circuit. However, self-excited voltage regulators with static converters have been widely used as the most compact, convenient for placement and characterized by reliable operation, especially compared to systems using DC exciters.

UNIFICATION OF THE MAGNETIC SYSTEM OF TRACTION MOTORS FOR MILITARY ELECTRIC VEHICLES

*M. Kadnai; A. Nechaus, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kharkiv National Automobile and Highway University*

One of the ways to improve the efficiency of weapons and military equipment can be considered the standardization of their component parts, which creates prerequisites for the interchangeability of components, thereby reducing the time required for the restoration of equipment for further combat use.

In the case of the implementation of modern electric motors in the electric drives of weapons and military equipment, medium and routine maintenance may involve both the replacement and modernization of the main parts of electric motors.

Presented an analysis of the types of traction electric motors used in modern electric vehicles. Based on the literature review, it is concluded that SRM motors are promising for use in the powertrain of electric vehicles. This is particularly due to the simplicity of the motor's design and the possibility of constructing it without the use of rare-earth permanent magnets.

Based on the comparison of the magnetic systems of SRM and SMM, the possibility of unifying the magnetic system for both types of motors, particularly in the modifications of FSWFM, FSPMM, and FSHEM, is assumed.

A stator and rotor pole ratio is proposed, which is acceptable for the considered types of electric motors. An assessment of the potential positive effects of complicating the electric machine's design is given. More detailed and substantiated solutions require further theoretical and experimental research.

FEATURES OF DETERMINING THE POWER CABLE LINES DAMAGE LOCATIONS OF MILITARY AIRFIELDS POWER SUPPLY SYSTEMS

*A. Plaksiuk¹; A. Panchenko², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. Pohodina²; V. Yevchenko²*

*¹Center for special engineering works of the Command of the Support Forces
of the Armed Forces of Ukraine;*

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Uninterrupted power supply to consumers of military airfields ensures their constant readiness for use and long-term functioning for their intended purpose, which guarantees the performance of combat missions. Military airfield power supply systems have extensive high and low voltage electrical networks. Their failure can cause malfunctions in the operation of military airfield aviation flight support facilities. Therefore, rapid detection of the cable line damage location contributes to the unconditional performance of combat missions.

Relative and absolute methods are used to determine the location of damage to the cable line. Relative methods allow determining the distance to the location of

damage along the length of the cable, therefore, only the damage zone is determined. Absolute methods are used to specify the location of damage.

The choice of a particular method is determined by the type of damage and its parameters (transitional resistances at the location of damage).

A promising way to reduce the time for determining the location of damage to power cable lines of military airfield power supply systems is to use the latest damage search tools built on a modern element base.

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ГЕНЕРАТОР НА БАЗІ РЕАКТИВНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ З ПЕРЕМИКАННЯМ МАГНІТНОГО ПОТОКУ ТА КОМБІНОВАНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

О.О. Панін; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Однією з вимог, яка висувається до елементів озброєння та військової техніки, є високі масо-габаритні показники. Це також стосується електроагрегатів, які забезпечують електричне живлення споживачів у польових умовах.

Одною з новітніх розробок у галузі електричних машин є реактивна машина з перемиканням магнітного потоку та комбінованим збудженням. Особливостями такої машини є зубчатий ротор, який виготовлено з феромагнітного матеріалу, і який не містить активних елементів, таких як обмотки та постійні магніти, що забезпечує його механічну міцність та надійність. На статорі машини розміщуються потужні постійні магніти на основі рідкоземельних металів та обмотки збудження постійного струму, а також якірна обмотка генератора.

Основне збудження генератора здійснюється постійними магнітами, обмотка збудження постійного струму, залежно від умов та режимів роботи генератора, може як підсилювати так і послаблювати основний магнітний потік. При цьому висока густина магнітного потоку дозволяє значно зменшити масу та габарити генератора.

Наведено пропонувану будову реактивного генератора та розрахункові співвідношення, які використовуються при проектуванні подібних електричних машин. Запропоновано алгоритм оптимізації конструктивних параметрів машини залежно від заданих її вихідних характеристик.

МОБІЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ РОБОТИ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Ю.В. Зачена¹, к.т.н., доц.; О.П. Чорний¹, д.т.н., проф.;

С.Г. Буряковський², д.т.н., проф.

¹Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського

²Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут “Молнія”

Харківського національного університету

“Харківський політехнічний інститут”

Робота присвячена розробці мобільних джерел енергопостачання (МДЕ) на основі системи “приводний двигун–асинхронний генератор” як резервних або аварійних джерел живлення, що створюються оперативно для виконання робіт у польових умовах, в умовах проведення бойових дій тощо.

Мобільне джерело створюється з наявного електромеханічного обладнання іншого функціонального призначення і може забезпечувати живлення широкого класу споживачів – освітлювальні установки, обладнання похідних операційних, бортові системи літальних апаратів, зарядні станції тощо.

Розроблені конструктивні рішення МДЕ з різною комплектацією дозволяють сформувати джерело живлення під відповідні вимоги споживача за потужністю, величиною та частотою напруги, родом струму тощо. Максимальна потужність МДЕ обмежується лише потужностями електрогенератора та транспортного засобу з валом відбору потужності. МДЕ створюються шляхом під'єднання до ведучого колеса чи валу відбору потужності самохідного транспортного засобу в будь яких умовах і забезпечують подачу електроенергії споживачам відразу без додаткових налаштувань. Використання таких МДЕ дозволить оперативно і ефективно проводити відновлення інфраструктури в разі виникнення аварій техногенного та природнього характеру.

АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ АНТИБУКСУВАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*В.А. Цвіренко; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.; О.В. Андрієнко; М.Ю. Мордвінов
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Вимоги високої мобільності у польових умовах за різних погодних умов, які висуваються до комплексів озброєння та військової техніки, обумовлюють розробку транспортних засобів, які здатні пересуватися по бездоріжжю. Сучасні досягнення у автомобільній електроніці дозволяють реалізовувати складні алгоритми керування силовою установкою електромобіля та агрегатами шасі, які для цивільних транспортних засобів підвищують рівень безпеки, а для транспортних засобів військового призначення забезпечують мобільність у складних дорожніх умовах. Однією з систем цього класу є антибуксувальна система, яка забезпечує перерозподіл крутного моменту серед ведучих коліс.

Реалізація алгоритмів керування антибуксувальної системи електричного транспортного засобу по суті зводиться до керування тяговими електричними двигунами, для яких, залежно від типу двигуна, застосовуються різні способи керування крутним моментом. Однак, загальні принципи визначення сили зчеплення колеса з дорожнім покриттям для формування сигналів керування антибуксувальної системи можна вважати спільними.

Традиційно, у електронних системах керування автомобілів інформація про частоту обертання колеса отримується від датчиків частоти обертання колеса. Однак, при використанні як тягового двигуна повнопривідного транспортного засобу електричного двигуна, оцінити частоту обертання ведучого колеса можна опосередковано через контроль робочих електричних параметрів самого двигуна. Це забезпечує додатковий інформаційний сигнал для електронної системи керування.

Запропоновано розрахункові співвідношення та алгоритм обробки вхідних сигналів датчиків частоти обертання чотирьох ведучих коліс транспортного засобу та трифазних струмів двох приводних електричних двигунів для формування керуючих сигналів антибуксувальної системи.

ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРОПРИВОДИ У СИСТЕМАХ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Ю.О. Денисов¹, д.т.н., проф.; О.Л. Бурсала², к.т.н., с.н.с.; О.О. Бурсала²

¹Національний університет “Чернігівська політехніка”;

²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння і військової техніки

Підвищення точності в системах позиціонування літальних апаратів пов’язано з заміною гідравлічних і пневматичних приводів лінійними електроприводами. При дослідженні характеристик лінійного електроприводу електронне моделювання дозволяє за результатами варіації параметрів регуляторів системи досягнути прийнятної якості її динамічних показників. На швидкодію і перерегулювання динамічних процесів в контурі струму впливають пульсації, джерелом яких є широтно-імпульсний перетворювач (ШП) постійної напруги у вигляді динамічної ланки системи, що має складну дискретну нелінійність. В системах позиціонування, де потрібне точне переміщення і фіксування положення виконавчого органу, врахування впливу навіть “послаблених” пульсацій є необхідним. Реалізація контуру струму пов’язана з вибором першого або другого роду широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Дослідження показали, що в контурі струму системи позиціонування з ШІМ I при наявності пропорційно-інтегрального (ПІ-) регулятора процес можна завершити за два періоди комутації з затримкою регулювання на один період. У міру зміни глибини ШІМ для збереження умови кінцевої тривалості процесу з’являється необхідність у додатковій ланці – визначнику зони модуляції. В контурі струму з ШІМ II оптимальна швидкодія відповідає трьом періодам комутації ШІМ за відсутності затримки регулювання і необхідності адаптувати параметри регулятора у міру зміни глибини модуляції. Однак, тут необхідно синтезувати регулятор з складнішою структурою, ніж простий ПІ-регулятор контуру струму з ШІМ I.

ВИМОГИ ДО ПОРТАТИВНИХ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ СИЛ ОБОРОНИ

А.А. Зуб

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

Велика кількість електричного обладнання, що використовується силами оборони України, потребує безперервного енергозабезпечення. Наразі, масово застосовуються зарубіжні побутові акумуляторні зарядні станції (Bluetti, EcoFlow, Anke) та зарядні станції українських виробників (Bandera Power, Лютий Power, TISON ENERGY, Вугевіі). Зазначені зарядні станції за своїми характеристиками не завжди відповідають потребам військових.

Зважаючи на досвід постачання зарядних станцій, важливим показником є час заряджання станцій, тому доцільно використовувати акумуляторні збірки ємністю на 60-120А, які заряджаються протягом 2-4 годин, використовуючи блоки живлення 30-50А. Основу таких зарядних станцій складають 7S Li-Ion (29.4В) та 8S LiFePo4 (29.2В) акумуляторні збірки, що дають змогу забезпечити більшість обладнання (РЕБ, детектори дронів, аналізатори

спектру типу TinySA ultra, прилади нічного бачення, радіостанції, Starlink тощо). USB модулі зарядки таких станцій мають бути потужністю від 45 до 65 Вт, забезпечувати протоколи зарядки QC4+, QC4.0, QC3.0 та PD3.0 з виходами USB type-A та USB type-C. Бажаним є застосування в зарядних станціях регульованих блоків живлення типу Buck Boost Converter ZK-5KX, що на виході видають 0.5-30В та до 5А та регульованих блоків живлення типу ZK-10022 CNC чи XY6020L CNC, що дасть змогу жити більш потужне обладнання, але ці блоки живлення є «понижуючими» і потребують вхідну напругу 60-70В, видаючи бажану напругу 0.5-60В при 15-20А. Для отримання напруги 220В змінного струму має сенс використовувати інвертори з потужністю 500-1600Вт.

SECONDARY POWER SOURCES MILITARY COMMUNICATIONS EQUIPMENT AND THEIR RELIABILITY

V. Yarovi, Ph.D.; O. Tereshchenko

Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Informatisation Technology

Secondary power supplies are among the most important components that provide military communications equipment and largely determine its weight and dimensions, power consumption, operating efficiency, reliability and availability. They are designed to supply power to functional units and blocks of communication equipment with specified parameters and power quality.

The processes of integrating functions previously performed by separate discrete elements (transformers, chokes, active and passive electronics, stabilisers, etc.) into secondary power supply circuits, as well as the introduction of modular design principles for communication equipment, led to the fact that in the 70s of the last century secondary power supplies became a new class of component products (electronic power supply modules). The main distinguishing features of modern secondary power supplies are:

- uniformity of functional tasks performed in all types of military communications equipment (electrical energy conversion, stabilisation of output voltages, protection of equipment against electrical overloads, noise suppression, galvanic isolation of input and output circuits, etc;)
- wide application of standard circuitry solutions and unified element base when creating the required range of these products;
- the possibility of modular construction and unification of the overall dimensions of secondary power supplies, which simplifies the issue of interchangeability during operation.

The above features have determined the possibility of developing secondary power supplies as an independent class of components for military communications equipment, on the basis of which various secondary power supply systems used in the development of facilities are built.

The introduction of new standards, including the application of NATO standards, forces developers of secondary power supplies and suppliers of component modules and elements to reconsider their views on the issue of setting and confirming reliability requirements. At the same time, the task of ensuring the required level of reliability of secondary power supplies for military communications equipment must be solved in parallel with the work on improving the specific performance of this equipment.

The widespread use of standard electronic modules, which fully include secondary power supply modules, in the development of military communications equipment makes it necessary to accelerate the process of creating a regulatory framework that regulates the requirements and methods for assessing compliance with the requirements for modules at all stages of the life cycle (from development to disposal). The most important point in this process is to set reasonable requirements for reliability and sustainability, as well as to ensure a reliable assessment of compliance with the established requirements.

The development of secondary power supplies with high technical and operational characteristics that meet the reliability requirements regulated by standards is a very difficult task. The small dimensions of secondary power supplies affect the heat capacity and create the problem of heat dissipation, which directly affects the reliability of the components of secondary power supplies and the power module as a whole.

Therefore, in order to achieve high technical and economic performance of secondary power supplies, it is necessary to have an appropriate range of components of electrical and radio products and a harmonised technology for the production of equipment. However, the current stage of development of military communications equipment in general and secondary power supplies in particular is characterised by the fact that even if the individual components of an electronic radio product have excellent functional characteristics, this does not guarantee high technical performance and reliability of the devices created on their basis. The reason for this situation is the growing mutual influence of design, functional and technological parameters on each other when they are used together, which implies the need to formulate requirements for secondary power supplies and electrical radio products from a unified perspective.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ІНВЕРТОРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗРАЗКІВ ОЗБРОСННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*М.Д. Петрук, к.т.н., доц.; Д.Є. Ступак, к.пед.н., доц.; І.А. Іщенко
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Сучасні зразки озброєння та військової техніки вимагають надійних, автономних та енергоефективних джерел електроживлення. Інноваційні підходи до їх застосування дозволяють підвищити енергоефективність, надійність та адаптивність до умов сучасної війни.

Новітні інверторні системи оснащуються гнучною багатопороговою інтерактивною системою керування що дозволяє використовувати алгоритми машинного навчання для: автоматичного регулювання вихідної напруги та частоти залежно від навантаження, моніторингу стану електромережі та прогнозування можливих відмов та оптимізації споживання енергії.

Використання сучасної елементної бази (кремній-карбідних (SiC) та нітрид-галієвих (GaN) транзисторів) дозволяє створювати більш компактні, легкі та енергоефективні інвертори.

Інтеграція інверторних систем із гібридними джерелами живлення забезпечує гнучке перемикання між різними джерелами живлення.

Інверторні системи нового покоління дозволяють створювати розумні військові електромережі (Smart Grid) з метою автоматизації систем керування енергоспоживанням.

Інноваційні інверторні системи відіграють важливу роль у забезпеченні електроживлення сучасних зразків ОВТ. Їхня ефективність значно підвищується завдяки застосуванню розумних технологій, інтеграції з відновлюваними джерелами енергії та впровадженню автоматизованих систем керування енергоспоживанням. Подальший розвиток інверторних технологій сприятиме підвищенню автономності, мобільності та безпеки військової техніки, що є критично важливим в умовах сучасних бойових дій.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М.О. Мордвінов; В.С. Яровий, д.філос.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

Сьогодні, в умовах війни з РФ, країни-партнери України здійснюють технічну допомогу (вогневі засоби ураження, засоби зв'язку, навігації, радіоелектронного обладнання, спостереження та попередження, автомобільна та бронетанкова техніка, авіаційні засоби і т.ін.), також активізувалося багато різних підприємств з виготовлення або модернізації існуючих засобів зв'язку, а також джерел електроживлення до них для потреб оборони. Для якісного виконання бойових завдань військовим частинам необхідна надійна техніка, яка не допустить, завдяки своїй надійності, відповідно до заявлених на неї технічних характеристик, втрати управління військами і, як наслідок збереже життя особового складу бойових підрозділів, що є найголовнішим і найпріоритетнішим завданням.

Актуальним завданням на сьогоднішній день є удосконалення системи технічного обслуговування джерел електроживлення засобів зв'язку. Так як засоби зв'язку, які використовуються силами оборони, основною своєю частиною надходять від країн-партнерів, то і їх система технічного обслуговування і, відповідно, їх джерел електроживлення, дещо відрізняється від системи технічного обслуговування, що функціонує у Збройних Силах України.

Тому і є актуальним проведення роботи над удосконаленням існуючої системи технічного обслуговування джерел електроживлення засобів зв'язку, з урахуванням відмінності у системі технічного обслуговування країн-партнерів, з метою об'єднання та створення загальних підходів і заходів, які будуть притаманні всім джерелам електроживлення як для засобів зв'язку вітчизняного виробництва, так і іноземного виробництва.

СЕКЦІЯ 18

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Керівники секції: полковник Козел В.В.;
к.т.н. доц. полковник Войтенко С.С.
Секретар секції: підполковник Запека В.Ю.

TASKS OF THE METROLOGICAL SERVICE OF THE MINISTRY OF DEFENSE OF UKRAINE DURING THE ARMED AGGRESSION OF THE russian federation

V. Koziel

*Department of Metrology and Standardization of Armaments of the Logistics Forces
Command of the Armed Forces of Ukraine*

Thanks to the efforts of the personnel of the metrological service of the Ministry of Defense of Ukraine, during the armed aggression of the Russian Federation, the main goal is achieved - ensuring the uniformity of measurements and fulfilling the task of metrological support of the Armed Forces of Ukraine, maintaining the operational capabilities of the management bodies of the metrological service in planning, using subordinate military units to perform assigned tasks.

The report reveals the main efforts of the metrological service of the Ministry of Defense of Ukraine aimed at fulfilling the tasks of organizing:

training of personnel of regional metrological military units for metrological maintenance of foreign-made weapons and military equipment;

conducting an examination of the fulfillment of metrological requirements for weapons and military equipment;

implementation of the following measures: deployment of workplaces for the functioning of military standards; authorization of military metrological laboratories; ensuring the uniformity of measurements, both in stationary conditions and by the forces of visiting metrological groups; provision of measuring equipment; restoration of electrical equipment of fire control systems and guided weapons systems on samples of weapons and military equipment; maintenance and repair of counter-battery radar stations.

RATIONALE FOR THE INTRODUCTION OF THE EDUCATIONAL PROGRAMME INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS FOR DIAGNOSING MILITARY TECHNICAL SYSTEMS

*S. Voitenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The problem of technogenic and technological safety is extremely important for the functioning of the Ukrainian economy, including ensuring the trouble-free operation of technical systems used in the defence sector of Ukraine during a full-scale war with Russia. This is due to the fact that the wear and tear of most equipment, structures and machinery exceeded 70% even before the full-scale war, and during the period of hostilities, assessing the actual technical condition and

forecasting the residual life of various weapons, military and special equipment in the context of its excessive wear and tear is an urgent task.

Technical diagnostics is known to be one of the most effective measures to ensure the operational reliability of facilities, equipment, machinery and materials, and technical diagnostics has become a standard technological operation for modern weapons, military and special equipment.

The report describes the capabilities of the Department of Metrology and Standardisation to start training masters in the educational programme Information and Measuring Systems for Diagnostics of Military Technical Systems.

The report reveals the links with organisations and institutions engaged in the development, operation of technical diagnostics, development of regulatory and personnel support for technical diagnostics.

PARTIAL MODEL FOR ASSESSING THE CAPABILITIES OF A TACTICAL-LEVEL MOBILE INSPECTION AND REPAIR WORKSHOP

*S. Voitenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Babych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the full-scale invasion of the Russian aggressor, the problem of metrological support for weapons and military equipment directly involved in combat missions became acute. The repair companies and organisations that are supposed to maintain these products have civilians on their staff, and to carry out complaint repairs, it is necessary to take weapons samples to safe areas. Due to the insufficient number of these samples, there is a need to carry out repair work, even warranty work, in close proximity to the front line. Defence enterprises delegate most of the warranty work to metrology specialists of the Metrology Service of the Ministry of Defence of Ukraine.

Currently, the metrology service has mobile laboratories for measuring equipment, which are designed to perform verification and repair work, but only for the third logistics support band.

The report substantiates the composition of the forces and means of a tactical-level mobile inspection and repair workshop for direct involvement in the first line of logistics support. The average daily productivity of the mobile verification and repair workshop for the restoration of measuring equipment built into weapons and military equipment and the restoration of fire control systems and guided weapons systems on weapons and military equipment samples is estimated.

PROJECT OF THE EDUCATIONAL PROGRAM INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS FOR DIAGNOSING MILITARY TECHNICAL SYSTEMS

*O. Karpash, Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The educational program Information and Measuring Systems for Diagnostics of Military Technical Systems was developed taking into account the achievements obtained in the framework of domestic and international research and educational projects and works on determining the technical condition of objects. Its goal is to develop the competence of professionals in the field of information and measurement technologies and metrology, aimed at the ability to solve specialized

problems in the field of technical diagnostics and non-destructive testing. The program provides students with basic knowledge of assessing the actual technical condition of equipment, structures and materials, selecting the most informative diagnostic features about their condition, methods of collecting and processing diagnostic information, estimating measurement uncertainty, selecting measuring equipment and diagnostic methods, and forecasting the technical life of equipment and structures.

Selective educational components provide an appropriate level of soft skills: critical thinking, creativity, communication and teamwork based on the concepts of sustainable development.

The peculiarity of the proposed programme is the combination of information and measurement technologies, diagnostic procedures, non-destructive testing methods and evaluation of their metrological parameters to solve urgent problems in the field of ensuring operational reliability and reliability of military facilities.

DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR AUTOMATED ANALYSIS AND DIAGNOSTICS OF MEASUREMENT RESULTS IN METROLOGICAL SUPPORT OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

*O. Karpash, Doctor of Technical Sciences, Professor; N. Horokhov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Metrological support of measuring devices (MDs) plays a significant role in maintaining the reliability of weapons and military equipment. In modern combat conditions, the speed and accuracy of measurement analysis are crucial factors affecting the combat readiness of units. Traditional methods of analyzing measurement results require human intervention, which increases the risk of errors and takes more time, potentially impacting decision-making efficiency.

One of the promising ways to improve the efficiency of MDs is the development of an automatic system for analyzing and diagnosing measurement results, including the implementation of artificial intelligence technologies. This approach will enable automated diagnostics of MDs, eliminate the influence of the human factor on measurement results, and allow for the prediction of potential failures while automatically adjusting maintenance parameters.

At this stage of research, an analysis of existing automatic measurement analysis and diagnostic systems for military MDs is being conducted. This work is a necessary step toward improving technical management efficiency and ensuring high combat readiness of the unit.

IMPROVEMENT OF METROLOGICAL SUPPORT USING MULTIPARAMETER MEASUREMENTS

*O. Karpash, Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Bandurka
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In recent times, the continuous modernization of weapons and military equipment (WME) have been constantly updated that requires the use of new measuring devices (MDs). This requires the improvement of their metrological support, which is an integral part of maintaining WME in an operational state. One

of the ways to address this challenge is the application of the multiparameter measurement method.

The essence of this method is to identify and take into account factor influences on measurement results through test methods, statistical analysis, and artificial neural networks, which increases the reliability of the obtained data.

The armed aggression of the Russian Federation has led to an increase in the number of technical support units within regional metrological military units for maintenance and repairing WME. Unfortunately, most MDs used for parameter control are analog and only partially meet modern speed and accuracy requirements.

An example of a modern MD is the Keysight 34461A digital multimeter, which is capable of providing accurate simultaneous control of several parameters, such as: voltage (DC voltage 100 mV – 1000 V, AC voltage 100 mV – 750 V), current (100 μ A – 10 A), resistance (100 Ω – 100 M Ω) and frequency (3 Hz – 300 kHz). Moreover, this MD can replace outdated devices, as it meets or exceeds their measurement ranges while offering lower measurement error.

Currently, research is being conducted on the application of artificial neural networks for evaluating the results of metrological measurements of MDs parameters for military purposes.

SPECIFIC FEATURES OF METROLOGICAL MAINTENANCE OF CONTROL AND TEST EQUIPMENT IN THE SELF-PROPELLED ANTI-TANK MISSILE SYSTEM "SHTURM-S"

*D. Voinska; Yu. Krykhtin, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To achieve stable characteristics of control, guidance, and missile launch systems, high-quality metrological maintenance of control and test equipment used for the diagnostics and adjustment of combat systems is required. For conducting the maintenance of the "Shturm-S" anti-tank missile system, control and test vehicles 9V868 and 9V94 are used. Their metrological maintenance is carried out in accordance with the Methodological Instructions of the Ministry of Defense of Ukraine No. 13-2001 and No. 14-2001.

The 9V868 vehicle consists of the following control and test equipment: 9V549, 9V565, devices for checking drives 9V546 and for testing computer 9V547. Additionally, for metrological maintenance procedures, the 9V868 vehicle is equipped with the following measuring instruments: analog and digital voltmeters, frequency counters, a microwave signal generator, time interval meters, an oscilloscope, and others. In turn, the 9V94 vehicle includes the 9V541 control and test equipment, which comprises elements subject to metrological maintenance: a power supply unit, the 9V159 control device, the 9V160 radio command formation equipment, and a potentiometer simulator. For the implementation of metrological maintenance of the 9V94 machine, the operator (calibration mobile team) uses up to two dozen measuring instruments. The composition of these instruments is similar to those mentioned above but has some differences, e.g., the presence of a waveguide power meter for a wavelength of about 8.6 mm.

The modernization of measuring equipment and the implementation of new metrological support methods (measurement automation as well as measurement results processing) will reduce diagnostic time and improve the accuracy of technical parameter control.

**PROVIDING THE UNIFORMITY OF DC VOLTAGE MEASUREMENTS
DURING METROLOGICAL SERVICING OF THE AUTOMATED
CONTROL AND TESTING MOBILE STATION 9V91**

*Yu. Krykhtin, Candidate of Technical Sciences; S. Klimova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The automated control and testing mobile station (AC&TMS) 9V91 is designed for complex testing and preparation of the 9M82 and 9M83 on-board equipment of the S-300 anti-aircraft missile systems. In turn, the 9V91 is subject to metrological servicing in accordance with the Air Force Guidelines No. 25-2006. This document provides for the control and adjustment of fifteen parameters of the 9V91 by more than ten measuring instruments, such as analog and digital voltmeters, frequency counters, a very low and low frequency signal generator, a frequency meter, an oscilloscope, a thermistor power meter, etc.

Options for replacing the physically obsolete voltmeter V7-34, which is used to measure DC voltage, for example, when checking the PNK-124 converter of the KS-122 unit, are considered. This task is to set the DC voltage within the limits of (4 ± 0.003) V. The V7-34 voltmeter provides measurement of this parameter with an absolute error of ± 0.7 mV. Several options for its replacement are examined: $4\frac{1}{2}$ -, $5\frac{1}{2}$ -, and $6\frac{1}{2}$ -digit multimeters. It is shown that the ratio between the absolute measurement error and the parameter accuracy of 1:3 is provided by all $6\frac{1}{2}$ -digit multimeters, as well as by some models of $5\frac{1}{2}$ -digit multimeters, for example, Keithley 2110 and IDM-8351 from RS Pro company. The vast majority of $5\frac{1}{2}$ -digit multimeters provide DC voltage measurement of 4 V with an absolute error of more than 1 mV, which violates the specified ratio of 1:3.

**ANALYSIS OF METHODS FOR MONITORING THE ACTUAL
TECHNICAL CONDITION OF OF ARTILLERY BARRELS**

*V. Zapeka; O. Karpash, Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The problem of ensuring the technological safety of structures, equipment, and materials in the basic sectors of the state's economy is always relevant, especially during martial law. The service life and reliability of military equipment are laid down at the design stage, and then these indicators are ensured during the manufacturing process and during operation.

One of the most effective ways to improve the operational reliability of technical means and ensure that they reach their designated service life is to determine the actual technical condition of the equipment using non-destructive testing and technical diagnostics. These methods make it possible to determine with high reliability the presence of cracks of various origins (fatigue, corrosion, technological, etc.), to measure deviations of geometric parameters (wall thickness, diameter, wear, etc.) from nominal values, to determine the physical and mechanical characteristics (PMC) of the equipment material (hardness, coercive force).

At the same time, the problem of timely assessment of the mechanical characteristics of structural materials that change in the process of degradation changes in the structure under the influence of operational factors, which include the effects of elevated temperature, static and cyclic loads, corrosive environment, radiation, etc., is becoming increasingly important. This issue becomes particularly

acute during military operations to assess the technical condition of artillery and missile barrels, which are subjected to extreme operation.

However, the issue of determining such an important characteristic as the degradation of material properties of metal structures, especially military equipment during hostilities under extreme operating conditions, has been practically insufficiently studied. This state of affairs leads to significant material, human, tactical, and political losses.

Any structural material can be evaluated by its main physical (hardness, density, thermal conductivity, coefficient of thermal expansion, heat capacity, electrical resistivity, etc.) and mechanical (proportionality limit, yield strength, elastic limit, tensile strength, impact strength, etc.) characteristics.

Our approach is based on the search for and use of correlations between physical structure-sensitive material parameters, which can be determined by NDE methods, and mechanical characteristics of the material under static and cyclic loading, which, on the one hand, are sensitive to changes in structure and material degradation, and on the other hand, are necessary for calculating the residual life of structures.

To solve this problem, at the first stage, the main FMC of structural steels used for the manufacture of missile and artillery barrels were analyzed to identify the relationships between them and the selection of technical means for measuring thermal conductivity, heat capacity, electrical resistance, hardness and other characteristics by non-destructive testing methods directly in the languages of military units was carried out.

PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF AN UNIVERSAL MODEL OF METROLOGICAL SUPPORT SYSTEM OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*V. Mosharenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Russia's preplanned armed aggression against Ukraine has demonstrated the importance of heavy weapons, namely tanks and artillery, as well as missiles and drones. The supply of weapons and military equipment (WME) from partner countries to the Armed Forces of Ukraine (AFU) requires a major restructuring of the system metrological support (MS) of the AFU.

The development of a universal model of the MS system of the AFU solves the following interrelated tasks: determination of the proportional, structural and functional organisation of the system; establishment of interrelationships between elements and definition of their functions; substantiation of the structure, staffing and equipment of the system's subjects; formation of an organisational model aimed at the effective performance of MS tasks.

The main result of building a universal model of the AFU's MS system should be a comprehensive assessment of the need for organisational and technical measures to improve the existing system and its components. Its main goal is to maintain combat and operational characteristics of WME by increasing the adaptability of the AFU's MS management system.

In the report, the authors propose a universal model of the Armed Forces of Ukraine's MS system, which should interact with: the National Metrological Service of Ukraine; the Armed Forces of Ukraine's maintenance and repair system; the system of training metrological specialists; and the system of development and production of weapons and military equipment, taking into account the priority areas

of development of the Armed Forces of Ukraine's MS. These include: improving the organisational, technical and regulatory framework of the MS; increasing the level of interaction between military command and control bodies; expanding the scope of MS, control and diagnostics of the technical condition of both domestic and foreign models of weapons and military equipment; ensuring compatibility with the MS systems of partner countries.

Thus, the use of a universal model of the AFU's MS system, aimed at the effectiveness of the use of weapons and the optimisation of the management of the AFU's MS in accordance with modern standards, will ensure increased combat readiness and technical reliability of weapons.

APPLICATION OF MODERN MEASUREMENT TOOLS FOR OPTIMIZING S-300PS MAINTENANCE

*O. Koval, Candidate of Technical Sciences; T. Ostafiichuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The maintenance (MRO) of the S-300PS surface-to-air missile system (SAM) requires regular monitoring and measurements to ensure the system's accuracy and reliability. Automating this process with software such as Microsoft Excel with VBA macros or specialized metrological modules allows for seamless integration of measurements into the maintenance workflow and enables automatic notifications of any detected deviations.

Software products can collect data from measuring instruments, such as digital oscilloscopes and frequency counters, analyze it, and compare it with metrological nominal values. This reduces the potential for human mistakes. Excel spreadsheets with built-in formulas can evaluate power supply voltage deviations and alert users to the need for parameter adjustments in the SAM system.

Additionally, automated maintenance significantly reduces the time required for servicing and enables data storage and analysis for evaluating maintenance efficiency. Reports generated in Excel can use predictive algorithms based on historical data to promptly identify the need for component and consumable replacements.

Therefore, the use of software for parameter monitoring during SAM maintenance improves the accuracy, reliability, and efficiency of the S-300PS system, ensuring compliance with standards and enabling a prompt response to deviations.

PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF A MODEL OF A DIGITAL METHOD FOR MEASURING ELECTRICAL QUANTITIES WITH INTERMEDIATE CONVERSION INTO UNIFIED PARAMETER

*V. Mosharenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
I. Kovalenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

War can both elevate and destroy regimes and empires, stimulating the development of science and technology and changing the socio-political structure of society. The relationship between war and society is mutual, as scientific discoveries often find application in the military sphere, and military needs, in turn, accelerate

scientific and technological progress – for example, atomic fission and drones – and determine the ways of warfare.

A key factor determining the level of development of weapons and military equipment (WME) and the effectiveness of its use is the accuracy of measurements. This is especially true for electrical measurements, since research in physics, radio engineering, electronics and other fields directly depends on the accuracy of measurements and the capabilities of measurement technologies. The emergence of digital measuring equipment (ME) is driven by the need to solve new, more complex scientific, technical, economic and military problems. With the development of digital measurement methods and digital signal processing algorithms, in the digital ME, the trend associated with the creation and implementation of universal digital measuring instruments (DMIs), which allow measuring several different physical quantities, is gaining ground. Therefore, the creation of highly efficient DMIs requires solving a set of complex interrelated tasks, the priority of which is the development of digital methods for measuring electrical quantities with intermediate conversion into one unified parameter.

In the report, the authors propose a developed model of a digital method for measuring electrical quantities with an intermediate conversion into one unified parameter – frequency.

The use of a universal parameter (frequency) during measurement will allow obtaining high accuracy, unattainable for other measuring instruments, which will increase combat readiness and technical reliability of WME.

EXPERIENCE IN ORGANIZING AND IMPLEMENTING METROLOGICAL SUPPORT IN PARTNER COUNTRIES IN THE CONDITIONS OF MODERN WAR

*A. Fokina; O. Koval, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of modern armed conflicts, the importance of the organization and implementation of metrological support increases significantly, because they ensure the accuracy and reliability of weapons and military equipment. The material covers the experience of organizing and implementing metrological support in partner countries, in particular, NATO members, with an emphasis on the introduction of innovative approaches and technologies in metrological support.

The analysis showed that among the key areas of use of FTAs, the following stand out:

- the efficiency of mobile metrology laboratories makes it possible to carry out calibration in the field.
- integrated automated diagnostic systems that provide real-time monitoring of the technical condition of weapons.
- unification and standardization of FTAs in accordance with uniform international requirements, which ensures interaction between the armed forces of different countries.

It is proposed to use the experience of partner countries to modernize the national metrological support system, including the adaptation of modern FTAs to the needs of the Armed Forces of Ukraine. Special attention is paid to improving the skills of Ukrainian metrologists through participation in international training

programs and trainings. The main findings confirm that the integration of the best practices of partner countries in the use of the FTA contributes to increasing the efficiency of military equipment and ensures its compliance with modern challenges and threats.

PROPOSALS FOR THE USE OF COMPUTER TECHNOLOGIES IN THE CONTROL OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF WEAPONS AND MILITARY TECHNOLOGY

T. Mosharenkova; O. Denysenko;

*V. Mosharenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's dynamic conditions of warfare, characterised by rapid technological development, it is critically important to ensure constant monitoring of the metrological characteristics (MC) of weapons and military equipment (WME). Computer technology (CT) greatly simplifies and accelerates this process. The use of software allows automating the collection, processing and analysis of large amounts of data, which contributes to the acceleration and accuracy of the assessment of the MC of WME, ensuring high reliability of measurements even in difficult combat conditions.

In view of this, the introduction of CT in the metrological control of weapons and military equipment is a promising direction in ensuring the accuracy and stability of measurement processes. The use of software (programming languages: Python, C++ or MATLAB) allows you to create flexible software solutions for working with large amounts of data, analyse the current state of measuring and information systems, perform complex mathematical calculations, and predict their behaviour in various operating conditions.

In the report, the authors propose a model for controlling the MC WME, which is implemented in the Python programming language. The advantages of its implementation are increased efficiency of control of metrological characteristics of equipment during maintenance and extension of the service life of equipment due to timely detection and elimination of failures.

Thus, the use of a model for controlling the MC of WME, implemented in the Python programming language and aimed at the effectiveness of the use of WME in various operating conditions, will ensure a significant increase in combat readiness and technical reliability of weapons.

METROLOGICAL SUPPORT OF RADIO TECHNICAL TROOPS WEAPONRY AND MILITARY EQUIPMENT SAMPLES

*O. Koval, Candidate of Technical Sciences; V. Yudenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Metrological support is crucial for the combat readiness of radio technical troops (RTT), as the accuracy of measurements in RTT weaponry and military equipment (WME) samples affects the effectiveness of airborne target detection. In combat conditions, measurement errors can lead to incorrect object identification, which impacts the effectiveness of air defense system deployment.

A significant problem remains the use of outdated measuring devices (MDs), which no longer meets modern requirements and can contribute to errors in the diagnostics and calibration of radio technical assets.

Old ME has limited technical capabilities, gradually loses its accuracy, and is unable to ensure the necessary level of metrological control. This complicates the process of verifying the characteristics of radar stations and may result in deviations in equipment performance not being detected in time, thereby reducing the troops' combat readiness. Addressing this issue requires the gradual replacement of outdated radar equipment with new, more precise MDs that comply with modern standards. An important direction is equipping military measurement units with modern radio signal generators, digital oscilloscopes, spectrum analyzers, and frequency counters with improved accuracy and stability characteristics.

The renewal of RTT measuring devices will enable more precise control of weaponry and military equipment parameters, reduce the time required for verification and calibration, and enhance the reliability and effectiveness of combat systems. The gradual renewal of MDs will contribute to maintaining stable combat readiness of radio technical units and improving their efficiency in executing combat missions.

PROPOSALS FOR THE SELECTION OF A DIGITAL VOLTMETER FOR MEASURING THE PARAMETERS OF ALTERNATING CURRENT VOLTAGE OF A DIESEL POWER PLANT 5I57A

S. Sukhoteplyi

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Various devices are used to make the most accurate measurements and evaluate the functioning of AC circuits. A multimeter is a universal device for measuring basic electrical quantities. With its help, the parameters of force, voltage, and current resistance are checked in a wide range. The multimeter is used to detect faults, check the integrity of the network, ring the wiring and fuses, and find hidden wiring. This device allows you to:

- measure the current at all working electrical consumers after laying a new cable;
- check the current value for compliance with the permissible limits when connecting an additional load to the existing network;
- monitor the current flowing through circuit breakers to avoid peak overloads;
- measure the current load on electrical devices, electric motors, and heating elements;
- use an AC power meter to check the serviceability of electrical outlets, street lighting, electric starters, lamp holders;
- check electrical capacitance, voltage frequency, current strength, inductance, test diodes, transistors, batteries.

The multimeter is convenient to use due to its compact size and wide functionality. A modern AC meter belongs to the category of digital equipment. Unlike analog models, digital multimeters are characterized by higher measurement accuracy and are suitable for determining various electrical quantities.

Personnel servicing electrical installations in military units need a device for measuring the AC voltage (frequency) of a 5I57A diesel mobile power plant of sufficiently high accuracy, with which they can measure the amount of electricity in networks with significant loads. This is because it is necessary to systematically monitor the parameters of voltage, current, phase shift, and frequency that power

samples of weapons and military equipment. The serviceability and reliability of weapon systems, and thus the successful performance of combat missions, depend on the control of these parameters. It is proposed to use a multifunctional digital multimeter UNI-T UT89X to measure the power supply parameters of the 5I57A diesel power plant.

STUDY OF THE TASKS OF METROLOGICAL MAINTENANCE OF THE MOBILE CONTROL STATION 9V866

O. Holovatiuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Metrological maintenance is a key factor in maintaining the combat readiness of weapons and military equipment, especially in active combat operations.

The accuracy of measurements and control of the technical condition of military systems guarantees the effectiveness of combat use and prevents technical failures.

The 9V866 mobile station is used for inspection and maintenance of the Iгла and Iгла-1 man-portable air defense systems. Its metrological maintenance is aimed at controlling the parameters of electronic equipment that affects the accuracy of combat systems. The mobile checkpoint performs important functions both in the field and in stationary conditions at bases and arsenals.

The 9V866 mobile station is mounted on the chassis of a GAZ-66 off-road vehicle and placed in a sealed K3301D van. This ensures that the checkpoint can operate in various conditions and territorial areas.

An important component of its equipment is a high-frequency generator that ensures control over the accuracy and stability of radio equipment.

The modernization of the 9V866 RCP by updating the measuring instruments and improving the inspection methods will significantly improve its efficiency, reduce maintenance costs and ensure quick recovery of equipment in the field.

SUGGESTIONS ABOUT CREATION OF AN ELECTRONIC BASIS FOR MEASURING EQUIPMENT FOR THE NEEDS OF AIR FORCES

V. Bovt

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Metrological support system includes a lot of different tasks, optimizing the time spent on each of them significantly improves the starting data for execution tasks as intended.

One of the most effective ways to improve functioning of the system is to create singular accounting basis of measuring equipment in electronic form. Structuring measuring equipment in electronic form will significantly reduce time spent on estimation of the state of metrological support in separate military units (segments) from the Air commands.

In this report one of the ways of creating the singular united basis and the order of its use is presented. Structure, compound elements of this basis and their interconnections along with order of its fillment are given in this report. Application examples that are given, show the reduction of time spent for understanding the necessity of replenishment military units with measuring equipment. Based on the data from singular united basis, the procedure of organizing measuring equipment exchange fund for Air Forces is being simplified.

The use of singular united basis of measuring equipment will ensure that conclusions about staffing military units (segments) with equipment and its technical state can be made immediately. This will give the opportunity for intervention to maintain necessary level of metrological support for exact military unit (segment).

CREATION OF A SYSTEM TO PROTECT METROLOGICAL INFORMATION FROM UNAUTHORISED INFLUENCE

D. Lytvynova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In today's warfare environment, the protection of metrological information is of particular importance to ensure the accuracy of measurements, the reliability of combat systems and overall security. Unauthorised access to data can lead to the distortion of metrological data, which can affect the accuracy of technical equipment, which in turn reduces the effectiveness of combat operations and jeopardises the achievement of strategic objectives.

The main threats are manual, automated and automated unauthorised access, which is realised through network attacks, viruses and other forms of cyber threats. To protect this information, it is necessary to implement a number of measures, including access control and user authentication, the use of two-factor authentication, as well as the introduction of modern encryption methods and blockchain technologies to ensure data integrity and prevent data substitution.

It is also crucial to constantly monitor changes in systems and back up data, which allows for prompt recovery of information in the event of possible attacks or technical failures.

An integrated approach to the protection of metrological information guarantees its reliability, which directly affects the efficiency of military systems, the accuracy of technological processes, and ensures the overall security of the state in the face of modern military threats.

MODERNIZATION OF THE MOBILE LABORATORY OF MEASURING EQUIPMENT YA2-4/A

Y. Skorbach

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The mobile laboratory of measuring equipment YA2-4/A is designed for calibration and repair of radio, electrical and thermal-mechanical means of full-spectrum measuring equipment in the places of their use.

The modernization of the YA2-4/A mobile measuring equipment laboratory is an important stage in improving the technical support of the Armed Forces, aimed at improving the accuracy, reliability and efficiency of measurements. The main goal of this upgrade is to introduce modern measuring instruments, automated data analysis systems and energy-efficient technologies, which will significantly improve the diagnosis of the technical condition of weapons and military equipment.

The modernization process involves replacing old equipment with high-precision digital devices such as spectrum analyzers, digital oscilloscopes and laser meters, which provide higher sensitivity and accuracy of measurements. Integration of automated data collection and processing systems, which will allow for faster analysis of measurement results and generation of real-time reports.

Prospects for the development of the YA2-4/A laboratory are related to its integration into unified digital military equipment management systems, improvement of algorithms for processing large amounts of data and the use of artificial intelligence to analyze measurements. Thus, the modernization of the YA2-4/A laboratory is an important step towards improving the combat readiness of military units, ensuring speed, accuracy and reliability of diagnostics of the technical condition of weapons and military equipment.

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND MEASURING SYSTEM FOR PROCESSING THE MEASUREMENTS RESULTS OF A DIGITAL MULTIMETER

*D. Basova; O. Koval, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the reflection of the russian armed aggression, when the issues of ensuring the country's defense capability and maintaining critical infrastructure are top priority, the development and implementation of modern information and measurement systems (IMS) is particular important. The use of IMSs significantly reduces the time required to control the parameters of weapons samples and increases the reliability of control. During developing these systems, it is advisable to use modern computer-compatible measuring devices, such as the Hewlett Packard 34401A digital multimeter. This multimeter is a reliable and accurate tool that is widely used in various areas, from laboratory research to production processes as well as a working standard for checking the metrological characteristics of combined and panel devices. The development of software for the IMS will eliminate manual processing of measurement results, which is a laborious and time-consuming process. Automation of this process with the help of IMS is a relevant and perspective direction that has significant potential for increasing the efficiency and accuracy of measurement.

Information and measurement systems will permit automatically read information from the multimeter and transfer it to a computer for further processing. This will significantly reduce the time required to do measurements and analyze the results. Automated information collection and processing will avoid errors associated with manual input and processing information.

ANALYSIS OF CALIBRATION PROCEDURES FOR DIGITAL MULTIMETERS

*N. Yahodka
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern digital multimeters provide measurement of a wide range of parameters: AC and DC voltage up to 1000 V, AC and DC current up to 10 A, electrical resistance up to 1 G Ω , as well as frequency, period, electrical capacitance, diode and temperature measurements. Portable models are widely used in the field due to their small dimensions, reinforced housing, protection against dust and moisture. Laboratory models provide high accuracy and have additional functionalities (spectrum analysis, mathematical operations, data logging). An urgent problem is the method of calibration of 5½ and 6½ digit multimeters, since

the existing regulatory documents and technical base do not meet the requirements of the present, particularly with regard to the minimum number of working standards for multimeter calibration.

The following documents were analysed: Agilent 34401A Service Guide, Calibration Certificate 1-5607144213-1 (according to ISO/IEC 17025:2005), Technical Bulletin 9-6625-2315-24 (Calibration Procedure For Hewlett-Packard Multimeter, Model 34401A), Military Standard VST 01.210.022 – 2013 (Metrological support system. Agilent 34401A digital multimeter. Calibration procedure). Comparing foreign and domestic methods of calibration, a significant difference can be traced, caused primarily by the limited material and technical base. The use of modern measuring instruments will solve the problem of using outdated equipment (the technical resource of which is expired), reduce the time of calibration, increase labour efficiency and lay the groundwork for the adoption of an automated calibration and data exchange system.

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF USING A DIGITAL SIGNAL PROCESSOR IN AN INFORMATION MEASURING SYSTEM FOR MILITARY PURPOSES

V. Ivanov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Due to russia's full-scale invasion of Ukraine, the need for high-precision and rapidly operating information and measurement systems (IMS) for military purposes has increased. Modern combat operations are characterised by complexity, an increased level of electronic warfare and the need for prompt decision-making based on rapid data processing.

One of the promising areas for improving IMS is the use of digital signal processors (DSP). They have significant potential due to their high performance, ability to process signals in real time, which is critical for systems that require instant response to changes in the situation, energy efficiency and the ability to perform complex calculations. This helps to achieve the required measurement accuracy, responsiveness of military systems and reduce the impact of interference. Flexible programming and the ability to update algorithms without replacing hardware make DSP ideal for integration into existing systems.

The use of DSP in IMS used for the needs of the military, namely, the improvement of radar and navigation systems, which, in turn, will increase the reliability, adaptability and efficiency of systems in electronic warfare, as well as ensure the speed and accuracy of measurements.

DEVELOPMENT OF A MECHANISM FOR PROVIDING MEASURING EQUIPMENT IN THE CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS

V. Rybalka

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

For the effective functioning of modern weapons and military equipment, an important role is played by the availability of serviceable measuring instruments. These tools are used to control the characteristics (parameters) by which a decision is made on the need to adjust or repair the relevant equipment.

During continuous hostilities and constant influence of the enemy, measuring equipment is actually operated under extreme conditions, which is in principle unacceptable. Intensive use of measuring equipment, limited access to repair facilities, and logistical difficulties create a risk of failure of key technical systems. This can significantly affect the performance of combat missions. In this context, it is important to develop an effective mechanism for providing the necessary measuring equipment, which takes into account the experience of using the exchange fund in peacetime, but is adapted to the conditions of hostilities.

The report presents proposals for the creation of a mobile exchange fund and options for its placement for rapid transportation to combat zones. Options for equipping these exchange funds, which also include spare parts and modules for the rapid restoration of major weapons and military equipment, are provided.

It is proposed to develop an automated management system that will allow monitoring the status of the exchange fund in real time, as well as promptly directing reserve funds to where they are needed most.

PROPOSALS FOR THE REPLACEMENT OF LOW FREQUENCY GENERATORS, WHICH ARE PART OF THE MOBILE MEASURING EQUIPMENT LABORATORY UA2-4 A/B

M. Danyliuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Metrological maintenance of special control and verification equipment (C&V) is carried out by the forces of mobile metrological groups of regional metrological units in the locations of military units. For this purpose, mobile measuring equipment laboratories (MELs) are used.

With the beginning of the full-scale aggression of the Russian Federation, the need for metrological maintenance of the C&Ps has increased significantly. The existing fleet of LRTs is diverse, but usually these are extremely large vehicles such as MAZ, KrAZ, KAMAZ. Nowadays, a promising area of development for the PTWT is the creation of small MELs based on minibuses. This task requires a revision of the set of measuring equipment and verification equipment.

Currently, the UA2-4A/B set of measuring instruments and devices includes such low-frequency generators as G3-110 and G3-118. These are quite high-precision measuring instruments that were used as sources of a stable sinusoidal signal to determine the metrological characteristics of the measuring instruments. These generators are currently out of production and most of them have been in operation for more than 20 years. In addition, they have considerable weight and large dimensions, which is a significant disadvantage when equipping a small MEL. The issue of replacing these generators with modern digital ones is becoming more and more relevant. Such a replacement requires determining the required level of signal stability, purity and operating range. Therefore, the issue of replacement is quite complex and requires a comprehensive study.

At the current stage of development of measuring technology, there is a very wide range of generators, both in terms of metrological characteristics and price. The choice of the optimal solution must be justified. It should not be forgotten that the reliability of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine depends primarily on the quality of parameter control and their reliability.

TASKS OF MEDICAL SUPPORT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

K. Sira

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The main task of the medical personnel of the Armed Forces of Ukraine is to preserve the lives and health of servicemen and women, to provide timely, high-quality and effective medical care that facilitates their early return to duty in case of injury, illness or trauma, and to maintain an appropriate level of medical component of the combat capability of the troops.

The formation of a new system of military infrastructure and the current situation of the military conflict in which the country is engaged determine the need to improve the Armed Forces of Ukraine, including their medical service.

Successful fulfillment of the tasks assigned to the medical service in modern conditions requires a high level of professional training of medical personnel, especially military doctors. A military doctor must understand the specifics of combat operations, have in-depth knowledge of the onset and course of combat pathology, and be able to implement the basic principles of medical evacuation, sanitary and hygienic, and anti-epidemic measures in various conditions of military conflicts. In addition, they must have the necessary organizational skills.

Obviously, only service in a military unit or medical institution allows a medical officer to gain the necessary experience, practical skills and thoroughly master the knowledge within his or her specialty. To do this, it is important to persistently study the basics of military medical science, including the organization of medical support for troops, military field surgery, therapy, epidemiology, hygiene, and other key disciplines.

APPLICATION OF PASSIVE MONITORING TECHNOLOGY FOR ACOUSTIC DISTURBANCE SOURCES

V. Levytskyi

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The studies of the possibility of developing new highly sensitive methods and circuitry and technical principles for the construction of primary transducers based on the use of ultrahigh-frequency electromagnetic waves, surface magnetostatic waves, optical radiation and surface acoustic waves have shown that acoustoelectronic transducers using devices on surface acoustic waves and systems based on them in many cases have a number of advantages: short wavelength at relatively low frequencies, the possibility of distributed.

Therefore, devices based on surface acoustic waves are used to create active and passive primary transducers: temperature, humidity, force and pressure, gas composition, displacement, speed and acceleration, torque, electric and magnetic field intensities, etc.

In wartime, the technology of passive monitoring of acoustic disturbance sources, including cruise missiles in flight, is actively developing. The relevance of using this technology lies in its secrecy (passive system), which allows it to be safely used to detect and monitor certain air targets. Information on detected air targets obtained from the acoustic disturbance monitoring system is actively used to orient

air defense units (mobile fire groups) in the air situation. In order to improve the air target detection algorithms of the acoustic disturbance monitoring system by implementing the capabilities of the artificial intelligence system, it is necessary to train the system to recognize different classes of acoustic signals.

PRINCIPLES OF TOMOGRAPHIC MEASUREMENTS

I. Tokarchyk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

According to the established classification of measurement types, tomographic measurements are indirect measurements, and they have certain properties of both aggregate and combined measurements. This is because the desired spatial distribution of the measured value can be found as a weighted sum of known basis functions multiplied by unknown, desired coefficients, which is the case in combined measurements, and the primary measurement results themselves reflect the combined spatial influence of all parts of the environment under study, which is the case in combined measurements. Once again, it should be emphasized that, unlike conventional measurements, in tomographic measurements, the primary results contain integral information about the spatial distribution of a quantity, and therefore, when reproducing an image from the primary results, operations of their differentiation must be performed in an explicit or implicit form. This entails the problem of ensuring the stability of solving problems when finding an image. Tomographic methods are based on various physical principles, and the use of a particular principle depends on many factors, primarily on the physical properties of the object of study. Almost any physical phenomenon can be used to build a tomographic system. The choice of the principle is also influenced by the required accuracy of reproducing the image of the magnitude distribution, the degree of complexity of implementation, etc. The most commonly used principles for such measurements are:

- radiation of the environment under study - thermal and radioactive radiation, as well as radiation of waves of different physical nature (electromagnetic, optical, ultrasonic, acoustic);
- interaction of external radiation with the medium under study - absorption, reflection, diffraction, interference of waves, delay of their propagation;
- electrical and magnetic properties of the medium (specific conductivity, dielectric and magnetic permeability), electrodynamic and induction phenomena in the movement of electrically and magnetically charged particles of the medium;
- resonance phenomena occurring at the atomic and nuclear levels.

POWER SUPPLY SYSTEM FOR A MOBILE LABORATORY OF MEASURING EQUIPMENT

I. Terekh

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The power supply system of a mobile measuring equipment laboratory is designed to provide a stable and reliable source of energy for the operation of measuring devices and other laboratory equipment. It includes several main elements. The power source can be a rechargeable battery or a diesel generator,

which provides electrical energy for the operation of the entire laboratory, including measuring devices, computer equipment, lighting and other systems.

The inverter and voltage stabilizer convert the DC voltage of the batteries into the AC voltage required by most measuring devices. The voltage stabilizer maintains power stability, which is important for accurate measurements.

The charging system includes battery chargers that ensure continuous operation of the laboratory when the battery level is low or when power is needed from external sources.

An important part is the energy monitoring and control system, which allows the operator to control the battery charge level, generator load, and other critical parameters.

The power supply system should ensure autonomous operation of the laboratory for a certain period of time, especially in field conditions where there is no access to external sources of electricity.

Thanks to such systems, the laboratory can conduct measurements in conditions where there is no constant access to the power grid or in conditions of limited power supply.

THE IMPORTANCE OF MEASURING THE GROUND RESISTANCE OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

K. Hladkykh

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Measuring ground resistance is a critical process for ensuring the safety and reliability of weapons and military equipment. Its importance can be considered from several main aspects.

Electrical safety of personnel is ensured by low grounding resistance due to the effective removal of electric currents to the ground, which reduces the risk of electric shock to personnel. It also prevents the accumulation of static electricity, which can cause sparks and explosive situations.

The removal of excessive current during lightning discharges or emergency circuit closure prevents the failure of electronic and electromechanical systems of weapons and military equipment.

Maintaining a stable grounding level reduces the risk of damage to sensitive electronic components used in modern military equipment.

Effective grounding is critical for electronic equipment, fire control, navigation and communication systems. High grounding resistance can cause equipment malfunctions, communication interference, and signal distortion.

Proper grounding minimizes the effects of electromagnetic radiation, which can interfere with other systems and create a risk of failure.

Reducing the level of interference is especially important for military equipment that operates in conditions of active use of electronic warfare.

Regular monitoring of ground resistance is a mandatory requirement of safety standards. Military equipment is often operated in difficult weather conditions (high humidity, sand, snow), which affects the quality of grounding. Continuous monitoring and adjustment of grounding parameters can reduce the likelihood of technical failures in the field.

Grounding resistance measurement is an integral part of the maintenance process for military equipment and weapons. Its proper implementation helps to maintain the combat capability of equipment, ensure the safety of personnel and prevent emergencies.

PROPOSALS FOR IMPROVING THE MEASUREMENT SYSTEMS FOR DIAGNOSING AND MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF MILITARY VEHICLES

A. Safonova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern military vehicles require effective systems for diagnosing and monitoring their technical condition to ensure their reliability and combat readiness. Improving measurement systems will allow timely detection of malfunctions, increase operational efficiency and reduce maintenance costs.

The analysis of existing measurement systems allows us to apply the following diagnostic methods and tools: analog and digital control devices, computerized diagnostic systems, sensor technologies and predictive diagnostic systems. The disadvantages and problems of existing systems include limited measurement accuracy and high maintenance costs.

Areas for improving the measurement systems for diagnostics and control include:

- use of modern sensor technologies in pressure, temperature, and vibration sensors;
- application of optical and ultrasonic sensors for non-destructive testing;
- development of a unified database for failure analysis and prediction.

Among the expected results and prospects of implementation are the following: increased efficiency of technical condition monitoring, reduced maintenance and repair costs, and increased reliability of military equipment.

Thus, the introduction of modern technologies in the measuring systems for diagnosing military vehicles will significantly increase the efficiency of their operation. Further research in this area should be aimed at integrating artificial intelligence and predictive analytics into the monitoring processes.

PROPOSALS FOR THE ORGANIZATION OF AUTOMATED ACCOUNTING OF THE TECHNICAL CONDITION OF MEASURING EQUIPMENT IN A MILITARY UNIT

O. Sholomko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Organizing effective accounting of the technical condition of measuring devices (MDs) in a military unit is an important task that affects the accuracy of combat and training missions. Automation of accounting processes will increase the efficiency of control and decision-making regarding the maintenance of measuring instruments.

Currently, military units keep records of the technical condition of weapons and military equipment in paper or mixed (paper and electronic) form. This complicates access to up-to-date information, increases the risk of errors and delays decision-

making. The main problems of such accounting include the lack of a single centralized database, a high probability of errors when manually entering data, difficulty in analyzing and forecasting maintenance needs, and difficulties in interacting with other departments and management bodies.

Suggestions for automating accounting. It is recommended to create a specialized information system that will ensure: maintaining an electronic register of all MDs, automated monitoring of their technical condition, reminders of the need for maintenance, generation of reports and analytical data.

Implementation of the automated accounting system will allow to: reduce the time for accounting and analysis of the technical condition of weapons and military equipment, increase the accuracy and reliability of accounting data, optimize maintenance costs, increase the efficiency of management decision-making, and increase the level of combat readiness of the military unit through timely monitoring of weapons and military equipment.

Thus, automation of accounting for the technical condition of munitions and weapons is a necessary component of the effective management of material resources of a military unit. Implementation of the proposed measures will increase the accuracy of accounting, improve control over the technical condition of munitions and reduce the risk of technical failures in critical situations.

RELEVANCE OF THE IMPLEMENTATION OF INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS IN METROLOGICAL SERVICES IN THE CONDITIONS OF WARFARE

A. Olkhovikova¹; O. Koval¹, Candidate of Technical Sciences;

D. Olkhovikov²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military unit A0785

During the Great War, the issue of formatting the existing system and transitioning to a relevant and more modernised one in line with technological reality became increasingly important. An influential example in this transition was information and measurement systems (IMS). Considering these systems in metrological activities as one of the most important links in the entire equipment of the Armed Forces of Ukraine, it is important to emphasize that they have become a fundamental aspect that directly affects the effectiveness of ensuring the accuracy of measurements and quality control in all critical areas in the context of warfare. War creates new challenges for metrological science and practice, especially in the context of limited resources, unstable conditions and constant changes in the technological environment.

Modern IMS, which integrate automation of data collection and processing processes, are able to transmit information in real time. Another crucial point is that the automation of measurement processes in wartime reduces the need for physical intervention in dangerous and hard-to-reach areas, so it is possible to control the monitoring of technical systems from a distance, which reduces the risks to the life and health of personnel.

Information and measurement systems can be quickly adapted to new conditions and requirements, which is key in today's environment. They can be configured for various types of measurements – from temperature and pressure to complex metrological parameters. These systems can monitor the technical condition of equipment in real-time.

**A PARTIAL MODEL FOR JUSTIFYING THE CHOICE
OF THE INDICATOR OF LOSSES OF MOBILE INSPECTION
AND REPAIR WORKSHOPS AT THE TACTICAL LEVEL**

*O. Babych; A. Nedashkovskiy
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Mobile tactical-level verification and repair workshops are designed to perform tasks on the restoration of weapons and military equipment directly on the first line of logistics support.

To justify the choice of the indicator of losses of tactical-level verification and repair workshops, the aggregate of these workshops was considered, which perform a common task, which is to provide metrological support to the relevant grouping of troops (forces).

To solve this problem, we evaluate the inverse indicator that characterises the ability of tactical-level inspection and repair workshops to maintain their production capabilities in the face of enemy action, namely survivability, as the ability of military equipment, logistics facilities, and control systems to maintain or quickly restore their production capabilities.

Given that the restoration work performed by the forces and means of tactical-level inspection and repair workshops is intended to perform tasks in the immediate vicinity of the line of expected combat engagement with the enemy, the task of ensuring a high level of survivability of these workshops becomes obvious. The report provides ways to increase organisational or active survivability, which consists in organising and conducting a set of measures to reduce the effectiveness of enemy actions against tactical-level inspection and repair workshops during combat operations.

**THE IMPORTANCE OF REPAIR AS A STAGE OF OPERATION
OF MEASURING EQUIPMENT**

*V. Zapka
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The high sophistication of modern technical complexes, control and communication equipment in the operation of weapons and military equipment requires constant instrumental monitoring of their parameters, especially in combat operations. In solving this problem, measuring equipment is becoming increasingly widely used.

The rapid pace of development of measuring equipment production, on the one hand, and the fundamental impossibility of idealizing production technologies, on the other, lead to inevitable failures of individual measuring equipment at different stages of their operation. At the same time, it is impossible to maintain combat readiness at the required level without timely and high-quality restoration of a wide range of measuring equipment. Therefore, repair today is an integral part of the activities of the metrological bodies of the Armed Forces, and the personnel of military metrological laboratories and repair bodies are entrusted with the task of ensuring the constant serviceability of measuring equipment during their operation.

For a deep and complete understanding of the essence of the phenomena that lead to the failure of measuring instruments, it is necessary for a specialist in the field of measuring equipment to form a system of views on the stages of the life

cycle of measuring instruments, the most important of which is production. It is at the production stage that the operational and technical characteristics of measuring instruments, their maintainability, preservation, reliability and durability are laid down.

One of the most important stages in the operation of measuring equipment is its repair. Repair is a set of works to restore the performance or serviceability of a measuring instrument and to restore the life of the instrument and its components. The main purpose of repair is to ensure high combat capability and reliability of military equipment. At the same time, the repair technology should be considered as part of the technological process of manufacturing measuring instruments with an arbitrary sequence of operations (depending on the nature of the malfunction).

The repair of modern measuring instruments has a number of features due to the widespread use of microelectronics products, miniature products, precision mechanical components, etc. The defining feature of the technology of repairing measuring equipment is its single character, since it is practically impossible to carry it out in a group way. These features determine the requirements for the qualification of the personnel involved in the repair, and also necessitate knowledge of the laws of mechanics, electrical engineering, radio engineering and electronics, metrology and possession of appropriate professional techniques.

THE TASK OF METROLOGICAL SUPPLY OF THE FORCES IN THE CURRENT CONDITIONS

O. Bepalko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The creation of a modern European-style army and the maintenance of combat and mobilization readiness in the field of measurements associated with the development of new models of weapons and military equipment emphasizes the importance of metrological support of the Armed Forces as a separate component of the overall system of technical support of the state.

The modern system of metrological support of troops is designed to measure and control the parameters of weapons and military equipment in the Armed Forces and other military formations of Ukraine, and to ensure their maintenance in a combat-ready state.

Military reference standards play a key role in ensuring measurement accuracy. They ensure the reproduction and transfer of physical quantities through the working standards of metrological units and subdivisions to all measuring equipment used in the military.

It should be noted that metrological support, being an independent type of technical support, also has a significant impact on the operational and logistical support of the Armed Forces of Ukraine. Organization and implementation of metrological support in the field of defense is carried out by metrological services of institutions and organizations subordinated to the Ministry of Defense of Ukraine, regional metrological military units, metrology and standardization services of the Armed Forces of Ukraine.

A modern metrological support system should comply with the principle of sufficiency, ensuring efficiency at minimal costs for its creation and operation. It must also meet the requirements of the Military Doctrine, which is aimed at ensuring

high combat capability of the troops through the improvement of organizational and staff structures and equipping the Armed Forces of Ukraine with modern weapons and military equipment.

COMPREHENSIVE SECURITY FRAMEWORKS FOR OIL AND GAS PIPELINE SYSTEMS

*N. Ismayilov; J. Suleymanov; E. Hashimov, ScD, prof.
Azerbaijan Technical University (Baku, Azerbaijan)*

Pipelines serve as critical infrastructure for the transportation of oil, gas, and other energy resources, making their protection and security a matter of national, economic, and environmental importance. This paper explores modern approaches to the protection of pipeline systems, focusing on both physical integrity and operational safety.

The study examines the following core areas:

physical protection measures, including anti-corrosion coatings, pressure regulation, protective buffer zones, and scheduled maintenance systems;

leak and damage detection technologies, such as SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), LDS (Leak Detection Systems), and PIG (Pipeline Inspection Gauge) tools;

protection against external threats, including sabotage, vandalism, seismic activity, and extreme weather conditions;

regulatory and legal frameworks, analyzing international standards (e.g., ISO 3183, API 1160) and national legislation;

environmental risk mitigation, particularly in ecologically sensitive areas.

Additionally, the thesis highlights the growing role of digital technologies and artificial intelligence in predictive maintenance, real-time monitoring, and early warning systems. It emphasizes the need for a multi-layered protection strategy that integrates technical, legal, and organizational components to ensure the resilience and sustainability of pipeline infrastructure.

References

1. Akhundov, E.F., Fataliyev, V.M., Aslanov, E.A., Hashimov, E.Q., Quluyev, R.A., & Ismayil, I.A. Increasing Efficiency of Operation of Shut-Off Valves in Pipelines. / The 19th International Conference on "Technical and Physical Problems of Engineering" (ICTPE-2023), 31 October 2023, p. 138-142.
2. Ma Q, Tian Q, Zeng Y, et al. Pipeline in-line inspection method, instrumentation and data management. *Sensors*, 2021; 21(11): 3862.
3. Zhang M, Guo Y, Xie Q, et al. Defect identification for oil and gas pipeline safety based on autonomous deep learning network. *Comput Commun*, 2022; 195: 14-26.
4. Nasibov Y.A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – № 3, № 2. – С. 10-13.
5. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // National security and military sciences. – 2015. – Т. 1. – № 1. – с. 128-132.
6. Hashimov E.G., Bayramov A.A., Sabziev E.N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.

ANALYSIS AND CONTROL OF VIBRATION ACTIVITY IN ARTILLERY SYSTEMS VIA MAGNETIC LEVITATION SENSORS

*N. Ismayilov; E. Nasirov; V. Jahangirov
Heydar Aliyev Military Institute (Baku, Azerbaijan)*

Vibration activity in artillery systems is a critical factor affecting the reliability and operational efficiency of sensitive components within control mechanisms. This paper investigates the structural dynamics of artillery control systems, focusing on the influence of vibration on sensors, logic units, and actuators. The study emphasizes the limitations of current control systems, particularly the failure risks associated with gyroscopic and inertial elements under intense dynamic loads. A key objective of the research is to develop a high-sensitivity vibration measurement device based on Magnetic Levitation System (MLS) technology. The paper analyzes the working principle of the MLS device, in which vertical displacement of a levitating magnetic core – caused by inertial forces during vibration – is converted into an electrical signal using a galvanomagnetic transmitter. This signal is processed through an amplifier and current regulator, creating a feedback loop that adjusts the solenoid current to maintain equilibrium. The paper also identifies specific structural points in the artillery system that are most affected by vibration, and demonstrates that the MLS-based approach allows for high-precision measurement with an error margin of only 0.2%. The results show that integrating such a system significantly improves the operational stability of artillery barrels during both firing and transportation.

Reference

1. F. He, J. S. Dai, S. Y. Lin, M. S. Wang, and X. P. Su, "High-efficiency and low-hazard artillery recoil reduction technology based on barrel gas reflection", *Sci. Rep.* 14, 7497 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58313-2>.
2. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Assessment of invisible areas and military objects in mountainous terrain // *Defence Science Journal.* – 2018. – Т. 68. – № 4. – С. 343-346.
3. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // *National security and military sciences.* – 2015. – Т.1. – № 1. – с. 128-132.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ТА ЙОГО СУМІШЕЙ

*С.О. Максим'юк; І.В. Рибіцький, д.т.н., доц.; В.С. Цих, к.т.н., доц.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Контроль якості газового палива та його сумішей, включаючи водень, є стратегічно важливим завданням. Низька його якість може призводити до зниження ефективності функціонування систем теплопостачання, енергогенерації та мобільних енергетичних установок. Воєнний стан потребує швидких та надійних методів аналізу. Для цього оптимальним рішенням є застосування інформаційно-вимірювальної системи експрес-контролю якісних параметрів газу, що забезпечує оперативність (до 5 хвилин) і високу точність вимірювань. Метод, що реалізований, базується на вимірюванні швидкості поширення ультразвуку в природньому газі та його сумішах, вмісту в ньому CO₂ та його температури, що дозволяє оперативно оцінювати його якість.

У доповіді висвітлено такі основні результати дослідження, зокрема: адаптована методика експрес-аналізу природного газу та його сумішей для оцінки якості пального в газоподібному стані на військових об'єктах, що забезпечує точне прогнозування енергетичних параметрів газу із застосуванням регресійного аналізу та методів штучних нейронних мереж; розроблена математична модель оцінки теплоти згоряння газу на основі вимірних параметрів, що дозволяє забезпечити похибку оцінювання на рівні комерційних розрахунків; розроблений алгоритм функціонування інформаційно-виміральної системи для оперативного моніторингу якості пального.

Запропонована інформаційно-вимірвальна система може бути інтегрована у мобільні лабораторії контролю якості пального та автоматизовані системи управління військовою енергетичною інфраструктурою.

PORTABLE SET OF MEASURING EQUIPMENT FOR TECHNICAL AND METROLOGICAL MAINTENANCE, DIAGNOSTICS, ADJUSTMENT AND REPAIR OF COMMUNICATION EQUIPMENT AND SYSTEMS, THE NEED FOR ITS CREATION

V. Yarovyi¹, Doctor of Philosophy; O. Andriyenko¹;

V. Mosharenkov², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Informatisation Technology;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern, and even more so advanced, means and systems of communication are among the most knowledge-intensive and high-tech types of weapons and military equipment (WME), which are subject to increased requirements for quality and efficiency of use. It is well known that the quality of these products largely depends on the metrological support (MS) of their development, production and operation. Moreover, reliable measurement information about their technical condition is of paramount importance in ensuring high quality performance of complex WME, including modern (advanced) communication means and systems, at all stages of their life cycle. Therefore, MS is one of the types of technical support for combat operations. The efficiency and reliability of information on the condition of WME and material resources, and, consequently, decision-making on the management of military units in their daily activities, the use of troops (forces) in preparation for and during an operation (battle) depend on the perfection and quality of measurements. To perform any tasks assigned to military units, it is necessary to manage them, which is practically impossible to do in modern conditions without means and a communication system.

For many years, the issue of providing the Armed Forces of Ukraine (AFU) and other military formations with modern communications equipment has remained a priority area of technical modernisation. The quality of production of new communications equipment and the effectiveness of their intended use largely depend on the state of MS for development, testing, production and operation. Metrological maintenance includes a set of works performed on communications equipment at the stages of bringing them to the required level of readiness for their intended use.

The most urgent problem in the operation of modern (advanced) communication means is the maintenance, namely their metrological maintenance, respectively, with modern measuring instruments. It is almost impossible to carry out metrological maintenance of modern communications equipment, especially promising ones, using the old fleet of measuring instruments, which are mainly used in the AFU.

The metrological maintenance of modern (advanced) means and systems of communication used, for example, in the AFU, has significant shortcomings that reduce the efficiency of their use and increase operating costs. There are two main reasons for these shortcomings:

– lack of scientifically based methods that allow for a reliable assessment of the effectiveness of metrological maintenance of modern (advanced) communications equipment and a synthesis of their metrological support system based on comprehensive performance indicators;

– imperfection of measuring equipment: the troops use outdated measuring equipment that does not take into account current trends in foreign instrumentation.

Thus, the creation of a portable set of measuring equipment for technical and metrological maintenance, diagnostics, adjustment and repair of communication means is currently the most relevant topic of scientific research. Such a kit will increase the efficiency of maintenance and restoration of communication facilities and systems, reduce the time required to diagnose malfunctions (defects), and accelerate the mobility of repair and restoration specialists.

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЮ СТАЛЕЙ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

І.В. Рибіцький¹, д.т.н., доц.; Н.І. Чабан², к.т.н.; М.О. Карпач², д.т.н., проф.

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;

²Університет Короля Данила

В сучасних інтенсивних умовах експлуатації виробів озброєння та військової техніки більшість сталених елементів піддаються впливу значних навантажень різного характеру. Внаслідок цього вони перебувають в постійному напружено-деформованому стані, що в подальшому може призводити до утворення дефектів, які, на початковому етапі, з не достатньою точністю можна виявляти класичними методами дефектоскопії. Однією з основних причин зародження тріщин в метали є зміна фізико-механічних та структурних характеристик матеріалу сталених конструкцій, що виникають в процесі експлуатації, контроль яких потребує тимчасову зупинку експлуатації цих виробів. Отже, задача розроблення методів контролю виникнення дефектів на стадії зародження, таких як зміна структури матеріалу, є важливою і актуальною.

В доповіді розкривається методологія проведення дослідження: розроблення плану проведення експерименту; вибір матеріалу металоконструкцій та обґрунтування розмірів та кількості взірців; підбір типу ультразвукового дефектоскопа та п'єзоелектричних перетворювачів; аналіз та опрацювання результатів досліджень; формування висновків.

Подано результати досліджень щодо оцінки зміни фізико-механічних властивостей сталей за результатами ультразвукової структуроскопії для зразків конструкційної легованої сталі марки 40Г, що використовується для

виготовлення елементів виробів озброєння та військової техніки до яких висуваються підвищені вимоги до міцності, що є інструментом для оцінювання технічного стану виробів за вимірними значеннями твердості та інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів.

КОНТРОЛЬ СТАНУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗА ЗОНАМИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

І.В. Григоренко, д.т.н., доц.; Д.С. Ольховіков

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”

Оснoву підвищення ефективності процесу експлуатації технічних систем (ТС) становить перехід до проведення технічного обслуговування та ремонту за фактичним рівнем їх стану. У доповіді розглядається метод визначення стану ТС, на основі якого отримується інформація про границі зони працездатності. Метод забезпечує високу точність ідентифікації стану системи та рішення задачі визначення її запасу працездатності. Отримана інформація необхідна для успішного функціонування таких систем і дозволяє визначити дату наступного обслуговування (ремонт) з метою попередження випадкового виходу з ладу.

У доповіді показано, що стан ТС характеризується набором або деяким вектором характеристик (параметрів), серед яких виділяються внутрішні та зовнішні. Зовнішні (вихідні параметри) визначають допустиму зону непрацездатності та характеризують різні функціональні залежності характеристик і їх вплив на стан ТС. Внутрішні характеристики ТС у загальному плані визначають допустиму (граничну) зону та характеризують стан складових блоків (комплектуючих елементів) ТС. Такі характеристики ТС є первинними та їх зміна характеризує зміни на виходах елементів системи.

Задача контролю стану ТС полягає у визначенні належності його вектору характеристик зоні працездатності (непрацездатності). Крім того, за результатами зміни характеристик протягом визначеного часу можливо спрогнозувати запас працездатності ТС. При цьому запасом працездатності є ступінь наближення вектору характеристик фактичного стану ТС до його граничного значення.

УЗГОДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНОЗЕМНИХ ЗРАЗКІВ ТЕХНІКИ

С.В. Ольховіков¹, к.т.н., с.н.с.; О.В. Мироненко²

¹Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”;

²Військова частина А0785

Проблема неузгодженості результатів вимірювань параметрів іноземних зразків техніки викликана наявністю низки неузгоджених питань із метрологічного забезпечення щодо реєстрації та обробки результатів вимірювання при проведенні технічного обслуговування та контролю технічного стану. Проблема пов'язана із відсутністю вітчизняних затверджених керівництв, (довідників, методичних рекомендацій) із розрахунку показників якості проведення вимірювань параметрів, які прийняті в європейських країнах: невизначеності результату вимірювання, простежуваності результату вимірювання, відповідності результату

вимірювання. Неузгодження результатів вимірювання параметрів іноземних зразків техніки ускладнює використання вітчизняних засобів вимірювальної техніки при проведенні контролю та діагностування технічного стану іноземних зразків техніки.

У доповіді показано, що Угода зі стандартизації НАТО (STANAG 4107) та комплекс відповідних союзних публікацій AQAP передбачає, що одним із завдань адміністративної стандартизації є встановлення в державі єдиної термінології та гармонізації її з термінологією НАТО, а одним із завдань матеріальної стандартизації є забезпечення сумісності та взаємосумісності іноземних зразків техніки із вітчизняною контрольною та діагностичною апаратурою. Запропоновано алгоритм узгодження результатів вимірювання параметрів іноземних зразків техніки вітчизняною контрольною та діагностичною апаратурою.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МЕТРОЛОГІЧНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ВІЙСЬК (СИЛ), ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІЇ КОНТРОЛЮ

*В.П. Гудима, к.т.н.; В.В. Червоняк
Національний університет оборони України*

На Управління метрології та стандартизації озброєння Командування Сил логістики Збройних Сил України (УМСл) покладено функції метрологічної служби у системі Міністерства оборони України. УМСл є органом військового управління, юрисдикція якого поширюється на всю територію України. Разом з тим, фактично, УМСл виконує завдання з реалізації військово-технічної політики у сфері метрології та забезпечення єдності вимірювання, знаходиться в структурі та підпорядковується органу військового управління виконавчої логістики військ (сил). Відповідно під час реалізації функції контролю, зокрема при перевірці та оцінці стану метрологічного забезпечення (МЛЗ) військових частин, які теж входять до складу виконавчої логістики, може виникати конфлікт інтересів.

Одним із пріоритетних завдань оборонної реформи визначених Стратегічним оборонним бюджетом України є створення на основі сучасних інформаційних технологій єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України. Однак, наразі вже функціонують безліч АСУ які показали свою ефективність як для забезпечення ситуаційної обізнаності так і для управління бойовими діями. Створення та впровадження АСУ для управління МЛЗ військ (сил) покращить ситуаційну обізнаність про стан МЛЗ у військах, скоротить час, який особовий склад органів управління МЛЗ витрачає на здійснення операцій з ведення організаційної та аналітичної роботи, забезпечить постійний моніторинг та контроль за періодичністю перевірки (калібрування) засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), що надасть змогу оперативно реагувати на загрози порушення єдності вимірювань.

Інтеграція таких інноваційних рішень як технологія “блокчейн” в АСУ МЛЗ дозволить забезпечити точність, прозорість, надійність та незмінність даних про процеси, що будуть фіксуватися при виконанні заходів МЛЗ. Так, всі результати перевірки та оцінки стану МЛЗ військових частин, всі роботи з перевірки (калібрування) ЗВТ та рух ЗВТ між військовими частинами будуть

назавжди закарбовані в децентралізованій базі даних. Відповідно можливості зміни даної інформації не буде ні в кого, тобто фактично даним інтегративним рішенням в АСУ МлЗ буде вирішено порушене питання конфлікту інтересів.

Наша держава по праву вважається однією з перших держав, яка визнала перспективність технології блокчейн та почала активно застосовувати її в державному секторі. Найпомітнішими прикладами застосування технології, що забезпечує повну прозорість процесів є платформа державних закупівель Prozogto, платформа продажу майна Сетам та Державний земельний кадастр. Враховуючи переваги цієї технології, її впровадження в систему МлЗ, що буде управлятися через АСУ, є необхідним та перспективним.

ВАРІАНТ ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОБ'ЄКТА КОНТРОЛЯ

В.В. Кузавков, д.т.н., проф.; А.В. Ланко

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

У військах в сучасних умовах є широке застосування технічних систем подвійного призначення іноземного виробництва. Такі системи, зазвичай, тривалий час зберігалися на складах, а в комплекті постачання відсутня відповідна технічна документація. В більшості випадків, виробник таких систем не дозволяє здійснювати ремонт наданого устаткування на території іншої держави. Тому, користувач обладнання (обслуговуючий персонал, інженерно-технічний склад) змушений здійснювати пошук способів інтеграції отриманого устаткування в існуючу систему технічного обслуговування та способів оцінки надійності такого устаткування.

З врахуванням існуючих обмежень, є потреба у створенні інженерних методик визначенні надійності об'єкта контролю (ОК). Один з напрямків вирішення такої задачі є використання безконтактного індукційного методу для визначення окремих показників надійності ОК, який найкращим чином пристосований до теперішніх умов.

Сутність безконтактного індукційного методу полягає у тому що ДІ отримується з безконтактного індукційного датчика, підключення якого можливо до шини живлення.

Цей метод забезпечує максимальний обсяг діагностичної інформації (ДІ) при мінімальній кількості контрольних точок і ґрунтується на врахуванні фізико-хімічних процесів “старіння” елементної бази під час експлуатації ОК. Окрім того, саме індукційний метод цілком можливо співставити з поняттям надлишкових або “супер” вимірювань.

ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ МОБІЛЬНОГО РОБОТИЗОВАНОГО НОСІЯ DOK-ING MV-4 З НАВІСНИМ ОБЛАДНАННЯМ МА-1,6

В.А. Ляшенко, к.т.н., ст.д.; В.О. Кузнецов; В.В. Ільчишин

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Уважного ставлення дослідників останнім часом вимагає питання гуманітарного розмінування забруднених територій вибухонебезпечними предметами (ВНП) в деокупованих районах України, актуальність даної

проблеми, виходить з того, що внаслідок повномасштабного вторгнення РФ в Україну майже 30% її території забруднена ВВП різних типів.

Для безпечного здійснення заходів гуманітарного розмінування, організації планомірної роботи на забруднених територіях ВВП, підрозділам розмінування постачаються мобільні роботизовані комплекси розмінування. Питання оцінки відповідності зазначених технічних засобів є актуальним в зв'язку з впровадженням нормативних (регламентуючих) вимог щодо здійснення обов'язкової сертифікації механізованих засобів розмінування (гуманітарного розмінування), пов'язаних з ними виробів, компонентів та обладнання (Постанова КМУ від 08.08.2024 №271).

Одним із таких зразків є мобільний роботизований комплекс розмінування DOK-ING MV-4 з навісним обладнанням MA-1,6, який відноситься до самохідних, роботизованих, мобільних машин з дистанційним керуванням,

За результатами проведеної оцінки відповідності використано/застосовано просте правило прийняття рішення з урахуванням рівня ризику відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC Guide 98-4.

Таким чином, проведена оцінка відповідності підтверджує що мобільний роботизований комплекс розмінування DOK-ING MV-4 з навісним обладнанням MA-1,6 може бути сертифікований для проведення робіт з гуманітарного розмінування на території України.

ЗАСТОСУВАННЯ ВИМОГ СТАНДАРТУ ISO 10012 ЩОДО СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ВИМІРЮВАННЯМИ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

В.В. Борц; М.І. Світенко, к.т.н.; А.О. Семироз

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Задля впровадження вимог ISO 10012:2003 “Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment” в Україні було прийнято ДСТУ ISO 10012:2005 “Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання”. В 2022 році також було введено в дію ДСТУ EN ISO 10012:2022, розроблений Європейським комітетом зі стандартизації (CEN).

Державні стандарти (наприклад, ДСТУ В 15.901:2024) встановлюють вимоги до метрологічної служби, компетентності і навченості персоналу, залученого до системи керування вимірюванням згідно вимогам національних стандартів на основі ISO 10012. На даний час єдиного порядку оцінки відповідності до вказаних вимог не існує. Ці роботи здійснюються, в основному, згідно зі стандартами підприємств, установ, організацій України. Також на добровільних засадах створена та існує Українська система добровільного оцінювання стану вимірювань, до якої приєдналися деякі метрологічні центри. Проте у органів добровільного оцінювання стану вимірювань відсутні єдині вимоги щодо термінології, складу та/або змісту документів, які подають на оцінювання та отримують за її результатами.

В доповіді розкриті підходи до вирішення виникаючих колізій на прикладі оцінки відповідності системи керування вимірюваннями вимогам ISO 10012 при випробуваннях озброєння та військової техніки.

МЕТОД РОЗПОДІЛУ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ІЗ БОЙОВИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Л.М. Сакович¹, к.т.н., доц.; Є.В. Рижов², к.т.н., ст.д.

¹Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України

“Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського”;

²Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Під час ведення бойових дій озброєння та військова техніка отримують пошкодження різного ступеня, причому техніка із слабким ступенем пошкодження ремонтується екіпажами і фахівцями ремонтних органів безпосередньо в польових умовах. В доповіді запропоновано метод раціонального розподілу часу між етапами дефектування і діагностування озброєння із врахуванням якості метрологічного забезпечення для мінімізації середнього часу ремонту техніки із невідомою кратністю дефектів.

Очевидно, чим більше дефектів виявлено під час дефектування, тим менше час пошуку прихованих дефектів при діагностуванні, тобто залежність середнього часу відновлення від якості дефектування має мінімум при фіксованій кількості пошкоджень. Встановлено, що на час діагностування суттєво впливає якість метрологічного забезпечення: метрологічна надійність засобів вимірювань та ймовірність правильної оцінки результату вимірювання.

Зазначено, що наукова новизна методу полягає в обліку метрологічного забезпечення ремонту озброєння із бойовими пошкодженнями, що відсутнє в відомих роботах. Ефект від реалізації методу полягає в формалізації розрахунку середнього часу відновлення техніки при раціональному розподілі працевитрат етапів дефектування і діагностування, що мінімізує час ремонту і підвищує пропускну здатність військових ремонтних органів.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТУРИ СПОЖИВАЧІВ ГЛОБАЛЬНИХ НАВИГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*В.В. Борц; О.Л. Костріков; М.І. Світенко, к.т.н.; А.О. Семіроз
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Найважливішою інформацією при проведенні випробувань рухомих об'єктів є параметри, що характеризують місцезнаходження, орієнтацію в просторі, складові векторів швидкості, прискорення відносно встановлених систем координат.

В загальному вигляді вказану сукупність параметрів прийнято називати траєкторними параметрами, а методи їх отримання, відповідно, траєкторними вимірюваннями. Одним із способів отримання траєкторної інформації є використання апаратури споживачів глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС).

В доповіді наведені результати аналізу технічних характеристик систем, що використовують сигнали ГНСС, які застосовуються при проведенні випробувань. Основними критеріями аналізу виступають точносні, масо-габаритні характеристики, показники вартості використання вказаних систем при випробуваннях. Розглядаються як високоточні комбіновані супутникові та

інерціальні системи, так й більш прості варіанти апаратури споживачів ГНСС у вигляді трекерів та лагерів.

Надаються рекомендації щодо особливостей вибору засобів випробувань в залежності від об'єкту випробувань, характеру випробувань, у тому числі можливості руйнації об'єкту, вимог щодо запобігання витоку інформації про траєкторні вимірювання, можливості проведення постобробки вимірювальної інформації з метою підвищення точності визначення координат.

МОЖЛИВІСТЬ ЦІЛОДОВОГО СЕРВІСУ НАДАННЯ ТОЧНОГО ЧАСУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Р.В. Григорчук; В.В. Бурцева, к.т.н.; Р.М. Парог
Військова частина А0785*

З початком збройної агресії російської федерації швидкого розвитку набули різні бойові ІТ-системи, такі як “Delta”, “Кропива”, “Віраж-планшет” тощо. Ці системи забезпечують швидке передавання великого обсягу інформації різного характеру, зокрема потокове відео бою в режимі онлайн. Для забезпечення передавання таких даних висуваються певні вимоги до каналів зв'язку, зокрема до сигналів часової та частотної синхронізації (далі – СЧЧС) за протоколом РТР (Precision Time Protocol).

У 2019 році була проведена дослідна експлуатація підсистеми забезпечення єдиним часом військових споживачів. Цю підсистему було створено на базі національного еталона одиниць часу та частоти, військового еталона ЗС України одиниць часу та частоти (далі – ВЕЗСУ 07-01-01-09) і волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) для передавання СЧЧС за протоколом РТР. До того ж, підсистема була розроблена так, щоб усунути пряму залежність ВЕЗСУ 07-01-01-09 від національного еталона одиниць часу та частоти, глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS), а також зробити її ізольованою на апаратному рівні від мережі Інтернет. Це особливо важливо в умовах активного джамінгу та спуфінгу, коли GNSS-сигнали можуть бути заблоковані або сфальсифіковані противником.

Дослідження показали можливість передавання сигналів часової та частотної синхронізації за протоколом РТР із середньоквадратичним відхиленням (СКВ) похибки, що не перевищувала 100 нс на інтервалі спостереження 30 діб при періодичному щоденному включенні серверів. У безперервному режимі роботи (2 доби) СКВ становило не більше 65 нс.

Таким чином, ВЕЗСУ 07-01-01-09 є перспективним варіантом для забезпечення бойових ІТ-систем СЧЧС за протоколом РТР.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В СИСТЕМІ МІНІСТЕРСТВА ОБОРОНИ УКРАЇНИ: ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ

*О.В. Дзисюк
Військова частина А0785*

З метою визначення завдань і функцій метрологічної служби в системі Міністерства оборони України наказом Міністерства оборони України від 30 грудня 2024 року №872 внесені зміни до наказу Міністерства оборони України

від 24 травня 2017 року №288 “Про затвердження Положення про метрологічну службу Міністерства оборони України та Збройних Сил України” та викладено його в новій редакції, як Положення про метрологічну службу в системі Міністерства оборони України (далі – Положення).

Зазначеним Положенням визначено основні завдання, функції, права та організаційні засади забезпечення діяльності у сфері метрології та забезпечення єдності вимірювань в Міністерстві оборони України, Збройних Силах України, Державній спеціальній службі транспорту та Головному управлінні розвідки Міністерства оборони України (далі – в системі Міноборони).

У доповіді розглядаються пропозиції щодо основних напрямів та шляхів реалізації визначених завдань забезпечення єдності вимірювань в системі Міноборони, враховуючи існуючу на теперішній час структуру регіональних метрологічних військових частин.

СУЧАСНІ ВИКЛИКИ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК (СИЛ) В УМОВАХ ВІДСІЧІ ПОВНОМАСШТАБНОЇ АГРЕСІЇ РФ

В.В. Червоняк

Національний університет оборони України

Система метрологічного забезпечення військ (сил) (МлЗ) виконуючи завдання в загальній системі логістичного забезпечення військ (сил) продовжує виконувати цілий комплекс заходів з МлЗ та додатково покладених на систему МлЗ завдань. Однак, збільшення складу Збройних Сил України, викликаний потребою зміцнити обороноздатність перед чисельнішим ворогом, та наростаюча інтенсивність бойових дій істотно збільшує обсяг робіт для сил системи МлЗ.

Так, у 2022 році заходи МлЗ у стаціонарних умовах регіональних метрологічних військових частин (РМВЧ) проведено в 141 військовій частині, на виїзді – в 163 військових частинах. У 2023 році потреба у виконанні заходів МлЗ на виїзді збільшилась на 55 %, в стаціонарі – на 31 % порівняно з 2022 роком. У 2024 році по результатам роботи на виїзді силами РМВЧ обслуговано військових частин на 5 %, а в стаціонарі – на 12 % менше ніж у 2023 році. Однак, докладний аналіз результатів виробничої діяльності свідчить не про зменшення потреби в заходах МлЗ, а про збільшення потреби в залученні сил МлЗ на такі напрямки, як відновлення систем стабілізації та управління вогнем зразків озброєння та військової техніки (СУВ ОВТ), ремонт та технічне обслуговування радіолокаційних станцій контрбатареїної боротьби (РЛС). Потреба в відновленні СУВ ОВТ силами офіцерів-метрологів збільшується на 30 % з кожним роком війни, а потреба у ремонті та технічному обслуговуванні РЛС у 2024 році збільшилась на 90 % порівняно з 2022 роком.

Завдання щодо відновлення СУВ ОВТ, ремонту та технічного обслуговування РЛС не є типовими для служби метрології та стандартизації та не відносяться до сфери метрологічної діяльності, однак їх успішне виконання системою МлЗ вносить вагомий внесок в забезпечення високої ефективності бойового застосування ОВТ та їх постійної бойової готовності. Разом з тим, збільшення навантаження на систему МлЗ без збільшення сил і засобів системи, може створити загрозу порушення єдності вимірювання, що є головною метою діяльності системи МлЗ.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ “ДЕЛЬТА” ПІД ЧАС ПЕРШОГО ЕТАПУ ПРОЦЕДУРИ ПРИЙНЯТТЯ ВІЙСЬКОВОГО РІШЕННЯ ПІДРОЗДІЛУ З ОРГАНІЗАЦІЇ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В.С. Кірсанов

Національний університет оборони України

Перехід підрозділів Збройних Сил України на планування бойових дій за стандартами НАТО пришвидшило процеси цифровізації у Збройних Силах України. Під час планування підрозділи все частіше почали використовувати різні програмні забезпечення. Одними з них є програмне забезпечення “Дельта”. Деякі етапи процедури прийняття військового рішення підрозділу, які використовуються під час планування в підрозділах, можна виконувати за допомогою програмних забезпечень.

Велика кількість підрозділів вже має стале підключення до інтернету за допомогою супутникової платформи “Starlink”. Використання програмного забезпечення “Дельта” під час першого етапу, а саме отримання завдання, командир підрозділу може отримати завдання з метрологічного забезпечення від старшого начальника в графічному вигляді (електронна робоча карта). Це значною мірою спрощує усвідомлення завдання командиром підрозділу. При цьому не витрачається час на перенесення обстановки з метрологічного забезпечення з робочої карти старшого начальника на свою робочу карту. Вся отримана інформація з електронної карти старшого командира може бути використана для усвідомлення завдання командиром підрозділу та перенесена на свою робочу карту протягом кількох секунд. Також цю обстановку він може роздрукувати використовуючи ті засоби, які є в нього в наявності. Він вже не витрачає час на отримання топографічних карт в геоінформаційній службі, а самостійно може завантажити топографічну карту будь – якого масштабу та будь якого району. Використовуючи екосистему військових продуктів програмного забезпечення “Дельта”, а саме месенджера “Елемент” можна отримувати розпорядження і бойові накази. Але є і ряд недоліків, які потрібно вирішити. По перше, за допомогою месенджера “Елемент” не можна передавати документи з грифом. По друге, не визначено, як реєструвати карти з обстановкою. Хоча ці питання вже вирішені в програмному забезпеченні “Дзвін”.

Під час оцінки противника можна використовувати екосистему військових продуктів програмного забезпечення “Дельта”, а саме “Монітор”. Дані системи ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance), які відображені на шарах відповідного угруповання, дають первинну, а інколи і детальну, інформацію за противника у всьому угрупованні. При цьому за допомогою фільтра можна визначити конкретний район або зону інтересу, де буде позначений виявлений за допомогою системи ISTAR противник. Також можна відфільтрувати дані за противника по часу його виявлення. Це значною мірою зменшує час на усвідомлення даних за противника, який виявлений в районі майбутніх дій.

За допомогою віджета “Інформаційні шари” в екосистемі військових продуктів програмного забезпечення “Дельта”, а саме “Монітор”, можна усвідомити характер місцевості в майбутньому районі дій. Цей віджет дозволяє підняти на електронній карті всі елементи місцевості, які цікавлять

командира підрозділу, що дає змогу значно покращити усвідомлення району дій.

Використовуючи віджет “погода” можна усвідомити оцінку погодних умов на ведення дій.

Використовуючи шар “Заборона ураження” командир підрозділу може усвідомити яка інфраструктура та цивільні установи в районі проведення дій можуть впливати на виконання завдання з метрологічного забезпечення.

В сучасних умовах командир підрозділу дуже обмежений по часу, тому використання програмного забезпечення “Дельта” значною мірою спрощує організацію планування командиром підрозділу та економить час на проведення планування з метрологічного забезпечення. Також програмне забезпечення “Дельта” дає можливість в реальному часі отримувати якісні аерофотозйомки та топографічні карти місцевості, відомості про противника та об’єкти цивільної інфраструктури.

МЕТРОЛОГІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ОБОРОНИ. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТИЗИ ЩОДО ВИКОНАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ДО ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ У 2024 РОЦІ

*О.В. Мироненко; О.А. Меркулов; В.В. Ніколенко
Військова частина А0785*

В умовах триваючої відсічі Силами оборони України масштабної агресії росії представниками метрологічної служби (МлС) у системі Міністерства оборони (МО) України безперервно проводяться заходи з військово-метрологічного супроводження (ВМлС) озброєння та військової техніки (ОВТ) відповідно до вимог Положення про МлС у системі МО України, затвердженого наказом МО України від 24.05.2017 № 288 (у редакції наказу МО України від 30.12.2024 № 882).

Основою формою ВМлС ОВТ є проведення експертизи щодо виконання метрологічних вимог (експертиза МВ) до ОВТ упродовж їхнього життєвого циклу.

У доповіді проведено аналіз результатів проведення експертиз МВ до виробів ОВТ у 2024 році, визначенні основні характерні недоліки та зауваження, які виявлені під час проведення експертиз МВ до виробів ОВТ, та надані пропозиції щодо підвищення якості забезпечення єдності вимірювань та достовірності контролювання параметрів виробів ОВТ упродовж їхнього життєвого циклу.

У 2024 році проведено 8 експертиз МВ. Усі експертизи проведені на етапі виготовлення дослідних зразків і проведення попередніх випробувань. Окрема увага приділялась оцінці метрологічного забезпечення випробувань дослідних зразків ОВТ.

Зменшення кількості проведених експертиз МВ у 2024 році (у порівнянні з 2023 роком – з 16-ти до 8-ми) пов’язане, насамперед, із прискоренням та спрощенням процесу розроблення (модернізації) виробів ОВТ у зв’язку з воєнним станом у країні.

УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ КАЛІБРУВАННІ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ

О.М. Удніков¹; С.В. Климченко^{2,1}

¹Військова частина А0785;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

При калібруванні термоперетворювачів (ТП) напруги на військовому вторинному еталоні одиниці електричної напруги в діапазоні напруг від 0,1 В до 1000 В змінного струму у діапазоні частот від 10 Гц до 30 МГц в якості опорного використовується значення термоелектрорушійної сили (ТЕРС) еталонного ТП напруги (E_0). При автоматизованому визначенні основної похибки значення E_0 досягається шляхом корекції вхідної напруги на основі даних про коефіцієнт перетворення ТП та значення різниці між поточним значенням ТЕРС та значенням E_0 .

Коефіцієнт перетворення ТП не є постійною величиною внаслідок нерівномірного нагріву нагрівача, різнополярності, токів Фуко, що впливає на зміну ТЕРС еталонного ТП напруги у часі при постійній величині вхідної напруги. У випадку, якщо величина дрейфу ТП близька до коригуючого значення напруги або вище за нього, значення E_0 не досягається, тому що після подачі коригуючої напруги до проведення вимірювань проходить час, за який ТЕРС еталонного ТП внаслідок дрейфу змінює значення на величину, що перевищує заданий допуск на E_0 .

Для усунення цього явища пропонується перед проведенням вимірювань аналізувати характер дрейфу ТП при напрузі калібрування та визначеній частоті протягом 1 хвилини, провести квадратичну апроксимацію отриманих даних, а при визначенні метрологічних характеристик обчислювати величину дрейфу та додавати її до коригуючого значення вхідної напруги. Таке удосконалення зменшить час установлення E_0 , похибку різночасових вимірювань та час проведення калібрування.

МЕТОДИКА КАЛІБРУВАННЯ ПОРТАТИВНИХ ЦИФРОВИХ МУЛЬТИМЕТРІВ ЗАКОРДОННОГО ВИРОБНИЦТВА

М.А. Котова; В.В. Лабуняк

Військова частина А0785

У даний час в Збройних Силах України починають застосовуватись нові засоби вимірювальної техніки – портативні $3\frac{1}{2}$ та $3\frac{3}{4}$ - розрядні цифрові мультиметри закордонного виробництва (ЦМЗВ) різноманітних типів. Багатофункціональні цифрові мультиметри забезпечують вимірювання постійної та змінної напруги, сили постійного та змінного струму, електричного опору, електричної ємності, частоти та температури і використовуються для контролю параметрів різноманітних зразків озброєння та військової техніки замість технічно застарілих комбінованих електровимірювальних приладів та універсальних цифрових вольтметрів В7. На даний час потребує вирішення задача нормативного забезпечення процесу повірки (калібрування) ЦМЗВ. Проблема полягає в тому, що метрологічне

обслуговування даного виду засобів вимірювальної техніки не може здійснюватись за існуючими нормативними документами з повірки цифрових вольтметрів групи В7, оскільки ЦМЗВ мають більш широкі функціональні можливості, а також інший принцип нормування основної похибки. В зв'язку з цим, існує необхідність у розробці загальної методики калібрування 3-ох розрядних цифрових мультиметрів, яка регламентує порядок їх метрологічного підтвердження.

У доповіді наводиться обґрунтування основних положень методики калібрування портативних ЦМЗВ щодо вибору методів та засобів калібрування, переліку операцій калібрування, піддіапазонів та позначок калібрування, які забезпечують оцінку відповідності метрологічних характеристик мультиметрів допустимим значенням, наведеним у їх експлуатаційній документації.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ФОТОЗЙОМКИ ВИПРОБУВАНЬ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

В.В. Борщ; О.О. Якимович; О.Л. Костріков

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Фотозйомка під час випробувань зразків ОВТ займає важливу роль у документуванні процесів, оцінці результатів та створенні звітності. Послідовна і якісна робота фотооператора важлива як під час проведення випробувань, так і при аналізі отриманих результатів. Налаштована система фотофіксації випробувань відіграє ключову роль для аналізу та повторюваності досліджень.

При цьому не існує єдиної методики проведення фото (відео) зйомки під час випробувань, тому збір та узагальнення досвіду, визначення особливостей проведення таких робіт є актуальним і важливим завданням. Вибір знімальної апаратури, її налаштування, використання методів та прийомів зйомки відповідно до задач, обробка та зберігання даних – це важливі питання, які потребують підготовки та вивчення. Заслугує уваги метод одночасної роботи кількох фотооператорів, який вимагає злагодженості. Якісна комбінована зйомка безпосередньо фотооператором з землі, зйомка з повітря за допомогою БПЛА та дистанційна зйомка на камери різного типу можлива лише за умови спеціальної підготовки операторів та чіткого розподілення завдань між ними.

В доповіді розглядаються питання удосконалення методичного апарату, який регулюватиме питання підготовки і проведення фотозйомки під час випробувань зразків ОВТ, безпеки фотооператора та знімальної техніки, а також вимоги до результатів зйомки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ ІЗ СУЧАСНИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИБЛАДАМИ

Ю.О. Дуболазов; О.О. Коротій

Військова частина А0785

Сучасні вимірювальні прилади забезпечують значно зручнішу взаємодію завдяки можливості керування ними з персонального комп'ютера через стандартні команди управління приладами (SCPI – Standard Commands for

Programmable Instruments), які використовуються для стандартизації комунікації з вимірювальними пристроями, дозволяючи автоматизувати процеси вимірювання, зменшувати помилки оператора та прискорювати отримання результатів.

До появи SCPI кожен виробник часто застосовував власні, унікальні набори інструкцій, що ускладнювало інтеграцію різних пристроїв в єдину автоматизовану систему.

Функціонально команди призначені для керування параметрами пристроїв, отримання даних та зміни їхнього стану. Вони можуть бути як установчими, що використовуються для налаштування параметрів, так і запитувальними, що дозволяють отримувати інформацію про стан або результати вимірювань. При наявності інтерфейсу Ethernet/LAN керування приладом та отримання даних можливе через мережу навіть на великій відстані.

SCPI дозволяє створювати власні програми для автоматизованого керування вимірювальними приладами. Для цього використовують різні мови програмування, серед яких особливо популярні Python та C/C++. Python активно застосовується для автоматизації та наукових обчислень, оскільки має багато бібліотек для роботи з вимірювальними пристроями, таких як PyVISA та tmcclib.

Використання SCPI значно спрощує автоматизацію вимірювань, дозволяючи створювати ефективні, відтворювані та гнучкі системи, що є важливим для багатьох галузей науки та промисловості.

ПРОБЛЕМИ АДАПТАЦІЇ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ МЕТРОЛОГІЧНОГО ПІДТВЕРДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ВИМІРЮВАЧІВ ПОТУЖНОСТІ У ШИРОКОМУ ДИНАМІЧНОМУ ДІАПАЗОНІ

*С.В. Красинський; І.О. Шеховцова
Військова частина А0785*

Під час захисту від агресії рф Сили безпеки та оборони України отримали складне високотехнологічне озброєння, яке використовується збройними силами іноземних держав. Виникли нові завдання його технічного обслуговування (ТО), основою якого є проведення вимірювань, контроль параметрів ОВТ, а також засобів їх контролю. Враховуючи, що складовою частиною системи ТО є система метрологічного обслуговування засобів вимірювального контролю, основну увагу необхідно звернути саме на її удосконаленні та приведенні до вимог експлуатаційних документів на ОВТ.

При проведенні ТО закордонних зразків ОВТ (зокрема, засоби ППО) в якості засобів вимірювального контролю застосовуються вимірювачі потужності N1913A з датчиками потужності N8481D та N8481H з діапазонами вимірювання потужності від -70 dBm до -20 dBm та від -10 dBm до +35 dBm, відповідно. Дані засоби вимірювань потребують періодичного метрологічного підтвердження. Проте, спроможності існуючого військового еталона одиниці потужності електромагнітних коливань обмежені динамічним діапазоном від -35 dBm до +20 dBm. Крім цього, відсутня можливість проводити вимірювання КСХН закордонних датчиків потужності, оскільки у складі еталона для вимірювання КСХН все ще знаходяться засоби вимірювальної техніки радянського виробництва, конструктивно несумісні з сучасними засобами вимірювань.

Отже, вирішення питання метрологічного обслуговування засобів вимірювального контролю потребує модернізації військового еталона сучасними засобами вимірювань та розроблення відповідних методик калібрування.

СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТИЗИ ВИКОНАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ДО ВИРОБІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ, ЯКІ РОЗРОБЛЯЮТЬСЯ (МОДЕРНІЗУЮТЬСЯ)

*С.В. Красинський; О.А. Меркулов; В.В. Ніколенко
Військова частина А0785*

Військова ситуація в Україні висвітлила реальний стан справ у Збройних Силах (ЗС) України, технічний стан озброєння та військової техніки (ОВТ) та проблеми створення новітніх зразків ОВТ стає функціонування яких потребує вимірювального контролю їх параметрів.

Уникнення ризиків метрологічного забезпечення (МЛЗ) при створенні нових зразків ОВТ обумовлено рівнем військово-метрологічного супроводження (ВМС), зокрема експертизи щодо виконання метрологічних вимог на стадіях (етапах) життєвого циклу ОВТ. Необхідність забезпечення високопрофесійного рівня ВМС вимагає впровадження системи підготовки фахівців різних організацій (установ) Міністерства оборони України та ЗС України з питань експертизи документації на ОВТ щодо виконання метрологічних вимог за єдиними стандартами.

Фахівцями військової частини А0785 у 2024 році виконано оперативне завдання за результатами якого розроблено, затверджено та впроваджено Стандарт індивідуальної підготовки СТІ 081Б.26Ж “Спеціальна підготовка. Проведення експертизи щодо виконання метрологічних вимог” та довідковий матеріал до нього (ДМ до СТІ 081Б.26Ж).

Розроблений проєкт Стандарту індивідуальної підготовки СТІ 081Б.26Ж доповнює оновлену систему нормативних документів з питань організації та проведення експертизи документації щодо виконання метрологічних вимог до зразків озброєння та військової техніки, які створюються (модернізуються) на замовлення МО України та ЗС України

ВРАХУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ІЗ НАНЕСЕННЯ РАКЕТНИХ УДАРІВ

*М.В. Виговський
Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Досвід, отриманий під час відсічі збройної агресії російської федерації проти нашої держави, продемонстрував, що незважаючи на вектор активного розвитку високоточного озброєння, значна частина завдань з вогневого ураження противника досі здійснюється реактивними снарядами, ефективне застосування яких потребує врахування метеорологічних умов.

На озброєнні ракетних підрозділів ЗС України знаходяться ракетні комплекси М142 “HIMARS”, М270 “MLRS” та його європейські модифікації. Окрім високоточного озброєння, ними застосовуються некеровані реактивні

снаряди, які потребують визначення та введення у систему управління вогнем метеорологічних даних. Їх доцільно призначати для ураження об'єктів противника, які знаходяться в тактичній глибині його бойових порядків у зоні дії засобів радіоелектронного подавлення, а також в умовах обмеженого ресурсу високоточних ракет.

Ракетні підрозділи не мають штатних або приданих сил та засобів для визначення метеорологічних даних. Забезпечення метеорологічними бюлетенями може здійснюватися отриманням від сил та засобів старшого начальника або формуватися за допомогою програмного забезпечення "Кропива".

Незважаючи на спільну номенклатуру ракет і реактивних снарядів, системи управління вогнем ракетних комплексів американського та європейського виробництва відрізняються та мають певні особливості введення метеорологічних даних.

З метою ефективного застосування наявного запасу ракет і реактивних снарядів посадовим особам, які залучені до планування та виконання завдань з нанесення ракетних ударів, слід враховувати викладені у доповіді особливості.

ЗАСТОСУВАННЯ CNT-91 В ЯКОСТІ КОМПАРАТОРА ЧАСТОТИ

*Г.А. Толмач; О.М. Удніков
Військова частина А0785*

Однією з операцій при проведенні калібрування частотомірів є визначення похибки кварцового генератора. Ця процедура виконується шляхом порівняння сигналу внутрішнього опорного генератора з еталонним сигналом, який має точність на порядок вищу. Процес звірення виконується на компараторі. Раніше для розв'язання таких задач застосовували Ч7-39 або Ч7-12 (у парі з частотоміром), які внаслідок тривалої експлуатації поступово виходять з ладу та не підлягають відновленню. Ці пристрої забезпечували звірення з точністю до 10^{-13} . Сучасні ЗВТ дозволяють замінити застарілі пристрої на більш компактні та багатофункціональні.

Для виконання функцій компаратора пропонується режим $\Delta f/f$ частотоміра CNT-91, який визначає частоту через рахунок кількості періодів, здійснюючи вимір часу пропускання (t_g) із роздільною здатністю 50 пс, незалежно від значення вимірюваної частоти. Це усуває вплив дільника частоти на похибку дискретизації (50 пс) / t_g . Наприклад, для вимірювання тривалістю 1 с похибка дискретизації складає 1×10^{-11} .

Зважаючи на те, що відносна похибка вимірювання, згідно з структурною схемою обчислювальних частотомірів, є сумою похибок опорного сигналу, запуску та дискретизації, які взаємозалежні, тому можна зробити висновок, що нижча похибка цієї суми визначає загальну точність вимірювання.

Крім того, покращити результат звірення можна за рахунок збільшення часу операції та застосування зовнішнього, більш точного, опорного генератора, замість внутрішнього.

Отже, використання режиму $\Delta f/f$ частотоміра CNT-91 в якості компаратора є доцільним.

**ПРАКТИЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ СЕРТИФІКАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ
МЕТАЛОДЕТЕКТОРА РАМКОВОГО “ТРЕМВІТА-F”**

А.А. Мішок; Ю.В. Дирман

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Україна потерпає від забруднення мінами та вибухонебезпечними об'єктами, що залишилися з часів Першої, Другої світових воєн, а також у результаті продовження конфлікту на Сході країни з 2014 р., який переріс у повномасштабну війну.

Впровадження у сферу гуманітарного розмінування новітніх технологій розширює можливості сучасних систем розмінування та обумовлює зміни характеру, форм і способів його проведення. Завдання гуманітарного розмінування територій від вибухонебезпечних предметів на сьогоднішній день має надзвичайну актуальність.

Питання оцінки відповідності зазначеного технічного засобу є актуальним в зв'язку з впровадженням нормативних (регламентуючих) вимог щодо здійснення обов'язкової сертифікації механізованих засобів розмінування (гуманітарного розмінування), пов'язаних з ними виробів, компонентів та обладнання (Постанова КМУ від 08.08.2024 №271).

Одним із таких зразків є металодетектор рамковий “ТРЕМВІТА-F”.

За результатами проведеної оцінки відповідності використано/застосовано просте правило прийняття рішення з урахуванням рівня ризику відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC Guide 98-4.

Таким чином, проведене експериментальне дослідження підтверджує що металодетектор рамковий “ТРЕМВІТА-F” може бути сертифікований для проведення робіт з гуманітарного розмінування на території України.

СЕКЦІЯ 19

СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНІ ПРОБЛЕМИ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ, РЕФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Керівники секції: к. т. н. полковник Могілатенко А. С.;
к. філос. н. проф. пр. ЗС України Квіткін П. В.
Секретар секції: к. філос. н. доц. пр. ЗС України Дятлова І. В.

THE INDIVIDUAL INFORMATION SECURITY: CURRENT PROBLEMS OF FORMATION

*A. Mohilatenko, Candidate of Technical Sciences
Air Forces Command of Armed Forces of Ukraine*

The increasing role of armed violence in the modern world, the international relations system transformation, the processes of peoples' socio-cultural identification, and the future of the modern world have become the information confrontation focus and have intensified the information security problem of the world community, countries and nations, especially the individual.

The information security problem of both society and the individual is becoming especially important for Ukrainian society in the context of Russia's armed aggression and information war against Ukraine, as well as Ukraine's Euro-Atlantic integration.

The main subject of formation and ensuring the individual information security is the state. The content and directions of activities for the formation of personal information security are determined by the essence and content of personal information security, the regularities of the personality formation process.

Priority tasks for the formation of personal information security include:

- the concept development of Ukrainian citizen's humanitarian and socio-economic education (with the definition of the content, scope, competencies, results of this education at all education levels);
- inclusion of competencies and results formed in the process of humanitarian and socio-economic education in the State Standards of all education levels;
- development of a mechanism for implementing the provisions of the Ukraine Information Security Doctrine on continuous monitoring of the aggressor state propaganda, development and immediate implementation of adequate countermeasures.
- inclusion of provisions on countering disinformation in the Concept of National Information Policy.

INFORMATION SECURITY: THE SOCIAL MECHANISM OF ITS FORMATION

*P. Kvitkin, Candidate of Philosophical Sciences, Professor; V. Lukianenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Information confrontation has always been and remains a component of any war, with its role determined by the significance of spiritual factors in warfare; in traditional wars (first-era wars), it serves as a component in ensuring victory over

the enemy; in transitional wars (second-wave wars), it serves as a determining component in ensuring victory over the enemy; and in modern wars (third-wave wars), it serves as the dominant component, ensuring victory and functioning as the goal of war. The levels of information confrontation include: information resistance, information expansion, information struggle, and information aggression (information warfare).

The key factor in preventing the destructive impact of information-propaganda and information-psychological influences on the consciousness and psyche of military personnel is the level of individual information security.

Individual information security is developed through active and purposeful efforts, as well as the functioning of the social mechanism that shapes it. The social mechanism for forming individual information security is a system of organically interrelated elements, the main ones being: the goals of forming individual information security; a system of subject-object and subject-subject relations that develops and functions in the process of its formation; the methods, forms, and means of activities for developing individual information security; the subjects whose activities implement the laws governing its formation; and the conditions under which individual information security is shaped.

MILITARY-IDEOLOGICAL ACTIVITIES IN THE RUSSIAN ARMED FORCES DURING THE INITIAL STAGE OF THE FULL-SCALE INVASION OF UKRAINE (FEBRUARY 24, 2022 – SEPTEMBER 21, 2022)

R. Hula¹, Doctor of Historical Sciences, Professor;

I. Perederii², Doctor of Historical Sciences, Professor; Yu. Tkach¹

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

²National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

The fundamental trends that shaped the ideological support of the RA Forces during the first stage of Russia's full-scale armed aggression against Ukraine, their development, and certain transformations based on the results of the military-political and operational situation from February 24, 2022, to September 21, 2022 (the date of the decree on the "partial" mobilization of Russian Federation "citizens"), included the following components:

- Proclamation of a "sacred" mission – the "liberation of the Ukrainian people";
- Declarations of the priority of "humanistic" methods in implementing the processes of "denazification and demilitarization";
- Total imposition of labels such as "nationalists", "neo-Nazis", "Banderites", "fascists", and "drug addicts" in the information space targeting the military and political leadership of Ukraine;
- Use of historical memory mechanisms related to World War II;
- Application of a mythologized historical concept of the "unity of the Russian and Ukrainian peoples";
- Hypertrophied assessment of military "successes";
- Mobilization of the Russian Federation's population toward conscious self-isolation under unprecedented sanctions imposed by the anti-Putin coalition countries;
- Propaganda targeting the ideology of the OUN and positioning the UPA as purely collaborationist military formations;
- Activation of information and psychological operations.

THE ROLE OF CULTURAL DIPLOMACY IN PROTECTING NATIONAL SECURITY

*O. Kravchenko¹, Doctor of Historical Sciences, Associate Professor; A. Furd²
¹Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Cultural diplomacy is an important tool of soft power that influences international audiences through the promotion of culture, art, traditions and national values. In the context of national security, cultural diplomacy plays a key role in countering destabilizing external and internal factors. The role of cultural diplomacy is to counteract information threats, in particular, to help shape a positive image of the country in the international arena, to counteract propaganda and disinformation. Disseminating truthful information about the country's culture and achievements helps to reduce the impact of hostile information campaigns. This is important, when the enemy is trying to discredit the country internationally.

Cultural diplomacy consolidates society by helping to strengthen national identity and unity. The promotion of national traditions and language helps to counteract internal splits that may be caused by external influences or regional contradictions. Through cultural exchanges, artistic events, and educational programs, a country can attract allies and partners who support it in security matters. For example, organizing festivals or exhibitions can build trust between countries and gain political and economic support. Cultural diplomacy focuses on preserving and promoting national heritage. This includes working with international organizations, such as UNESCO, to protect cultural sites during conflicts.

Cultural diplomacy is an integral part of the national security strategy. It combines the protection of cultural identity, countering external threats and strengthening international relations, contributing to the stability and security of the state.

SOCIAL RESPONSIBILITY OF A MILITARY PROFESSIONAL IN MODERN CONDITIONS

*I. Diatlova, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor;
T. Ostafiichuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Russia's armed aggression against Ukraine places increased demands on the personality of a military professional, his or her socio-personal and individual-psychological qualities, and military-professional competencies. The problem of the social responsibility of a military professional is of particular relevance in today's conditions.

The social responsibility of a military professional is an attitude towards the fulfillment of civil and military duty, which is determined by the place and role of military personnel in the life of society, the functional purpose of the armed forces, and is realized in the choice of methods of action and behavior.

The levels of formation of the social responsibility of a military professional's personality are: social responsibility as a necessity (responsibility that is determined by the system of social sanctions that can be applied to the individual); social responsibility as a norm (responsibility based on the awareness of the need to

comply with established norms and rules); social responsibility as a personal need (responsibility as a way of self-realization of the individual, the implementation of his life goals and strategies, his own self-development).

The level of formation of social responsibility of a military professional's personality has a multifactorial determination, among which socio-cultural, ethno-national, and individual-personal factors acquire special importance.

An insufficient level of social responsibility in wartime can have negative manifestations: negligent attitude towards military service, unauthorized abandonment of a military unit or place of service.

MILITARY POLICY OF THE UKRAINIAN PEOPLE'S REPUBLIC (1917–1921) AND ITS LESSONS FOR THE PRESENT

*I. Nikiforov, Ph.D., Associate Professor; A. Zinchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The military policy of the UPR at the beginning and during its entire existence was a determining factor in the struggle for the independence of Ukraine. The period is characterized by attempts to create a regular national army, organize military command, mobilization and material support of the army. Difficult geopolitical conditions, military aggression of Bolshevik Russia and white forces and internal contradictions complicated the implementation of the UNR's military strategy. The key problem of the UPR's military policy was the lack of a clear concept of building armed forces in the early stages of the revolution. The Central Rada tried to form its units through demobilization and Ukrainization of units and subunits of the former imperial army, as well as through volunteer formations. It is obvious that this approach is not effective. The situation improved with the advent of the idea of creating a regular army in 1918, but the concept did not materialize due to lack of funds. One of the most successful stages of the military struggle was the Ukrainian army of the time of Petlyura, which carried out a successful counterattack in the spring of 1920 together with the Polish troops. However, the consequences of the Warsaw Pact, according to which the UPR became dependent on Poland, and subsequently its territory was divided between Poland and Soviet Ukraine, led to the defeat of the Ukrainian army and the loss of statehood. The lessons of the UPR's military policy are extremely relevant for modern Ukraine, they testify to the critical importance of building a combat-ready national army in peacetime, and not in war, demonstrate the need for strategic planning and unity of political leadership in defense issues.

ON THE TERM "UNMANNED SYSTEM" IN THE TERMINOLOGY OF UNMANNED SYSTEMS FORCES

*T. Chernyshova, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The term "pilotless system" is defined as "any electromechanical system capable of using its power to perform specified missions without a human operator on board". In the official documents of the Ukrainian authorities, the term "pilotless system" is defined as pilotless aircraft systems, pilotless aerial vehicles, pilotless ground (robotic) systems, pilotless water (floating) systems. The term "pilotless

system" corresponds to the English term "unmanned system". In the attribute "unmanned" the root morpheme "man" contains the seme "human", which does not limit the meaning of the word to an aircraft, as is the case with the word "pilotless". The root morpheme "pilot" in the word "pilotless" in Ukrainian dictionaries has the first meaning "the one who controls the aircraft". So, the English-language term has a broader meaning: it is an apparatus or a place where there are no people to operate it or be responsible for it.

In the English-language military terminology, there are also attempts by some researchers to justify the expediency of using the attribute "uninhabited" in relation to the "pilotless system", excluding humans from its content, since modern research in the field of pilotless system is focused on making them more and more autonomous from human intervention, that is, programmed with a significant number of alternative options for responding to various challenges they may face in the course of their mission.

Thus, as we can see, in English-language military terminology, the range of terms for systems that perform flight missions without a human on board is wider and changes depending on the requirements of time and further improvement of such vehicles.

THE PROBLEM OF RESPONSIBILITY IN THE PHILOSOPHY OF TECHNOLOGY

*L. Petrova, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Many philosophers have made a contribution to understanding of the impact of technology on society and the people. Phrase "philosophy of technology" appeared in the 19th century. It was first used by the German philosopher Ernst Kapp in his work "Principles of the Philosophy of Technology" (1877). This ailment of everyday life also affects the problem of responsibility associated with technology functioning, with the resolution of its benefits and harms.

The German sociologist and economist Werner Sombart also spoke about the need for a preventive assessment of the various consequences of technological development. In his book "German Socialism" in the section "The Taming of Technology" he proposed that introducing new technology will always be accompanied by or even preceded by a value analysis of its possible consequences. Analyzing the works of researchers in this field, we can conclude that the environment and man himself will be able to survive only if the subjugation of nature is stopped. Instead, a plan for human interaction with nature will be based on a new ethic of responsibility, as K.-O. Apel writes that the planetary ethic of responsibility for the future, in contrast to all traditional forms of conventional morality, must consider and combine all the knowledge given to us from both scientific disciplines and non-scientific reflection and wisdom. One key aspect is the establishment of clear legal frameworks and rules that oblige individuals and businesses to be responsible for the potential harm caused by their technologies. In particular, education and awareness are crucial for developers and users to understand the ethical implications of their actions. This could include educational components that promote responsible innovation and decision-making.

THE EMERGENCE OF AVIATION NEOLOGISMS IN MODERN WARFARE

*R. Rublova; V. Serzhant
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Language always reflects social and technological changes, and war is one of the most powerful factors influencing the development of terminology. The Russian-Ukrainian war has caused not only large-scale changes in military strategy, but also the emergence of numerous neologisms, in particular in the aviation sector. Aviation neologisms appear due to the use of the latest aviation technologies, new types of combat aircraft, unmanned aerial vehicles (UAVs) and specific situations related to aviation operations. The sources of neologisms in aviation are:

1. The latest technologies and materials. With the advent of composite materials, additive manufacturing (3D printing) and artificial intelligence, terms such as: Fly-by-wire (electric remote control system); Morphing wings (wings that change their shape); Smart materials (smart materials that change their characteristics under the influence of external factors).

2. Development of aerodynamics and power plants. New types of engines and improved air flows have led to the emergence of terms: Geared turbofan (gear turbofan engine); Boundary layer ingestion (suction of the boundary layer to reduce aerodynamic drag); Blended wing body (aircraft design that combines wings and fuselage into a single bearing surface).

3. Unmanned and autonomous systems. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and autonomous control systems has given rise to the following neologisms: Urban Air Mobility (UAM); Swarm UAVs; Sense-and-avoid; and Obstacle detection and avoidance technology. Thus, neologisms in aviation terminology are a natural consequence of technological progress, military conflicts and global changes.

MILITARY HISTORY AS A TOOL FOR THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF FUTURE OFFICERS

*G. Kulikova; O. Potseluev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Disciplines of military history are a powerful tool for forming the professional competence of future officers. Its study contributes to the realization of their own belonging to the Ukrainian people. Through a review of key events and figures in the military history of Ukraine, familiarization with the biographies of commanders, hetmans, and leaders who played a key role in the formation of the Ukrainian state, future military officers gain a modern understanding of the national idea. For example, if we look at the leaders of the Cossack army in the fight against external enemies, such as Dmytro Vyshnevetskyi, Petro Sahaidachnyi, Bohdan Khmelnytskyi, Ivan Mazepa, and others. We can state that we have a powerful source of knowledge about the causes, course, and consequences of the national liberation struggle. The study of different models of public administration and cultural development shapes the understanding of how important political decisions

were made. In modern times, this makes it possible to avoid repeating mistakes and increases efficiency in solving problems. The analysis of past armed conflicts is an inexhaustible source of knowledge for countering Russian aggression, destroys stereotypes and myths about its invincibility, and gives faith in the unlimited possibilities of the military professional. For example, the details of the successful Crimean operation in April 1918, conducted by P. Bolbochan, demonstrate the strength of the Ukrainian army and its combat capability. The use of such a military history narrative contributes to the construction of national mythology and the heroization of fighters for independence. Military history shapes civic position, popularizes military service among young people, creates a sense of responsibility for the fate of the country, and prepares to defend their territorial integrity.

EVOLUTION OF RELATIONS BETWEEN UKRAINE AND THE EUROPEAN UNION IN THE CONDITIONS OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

R. Mikhailovsky

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

For many years, our state proved its desire to become a part of the "European family", developing active cooperation in various areas, carrying out legislative reforms and increasing the level of welfare of the population.

Ukraine's European integration aspirations are an integral part of the policy of the top management of our country, which is why outlining the most significant events on the way to EU membership is more relevant than ever. In the course of the study, the prerequisites for Ukraine's choice of a European integration course were analyzed, taking into account the Soviet past. The main events that created the ground for the signing of the Association Agreement between Ukraine and the EU are highlighted, taking into account the democratic sentiments of the Ukrainian people and the work of the government.

Special attention should be paid to Ukraine's acquisition of the status of a candidate for membership in the European Union and the unique accelerated "fasttrack" procedure, which has no precedents in the history of waves of EU expansion.

The analysis outlined what conditions have already been met on the way to EU membership (as of January 2025) and what is still needed in the future for Ukraine to acquire this status. Considering the great support from the European Union and active actions from Ukraine, we believe that our state has great prospects for quickly acquiring the status of a member state, which is confirmed by the daily work of the Parliament and the Government of Ukraine.

APPLICATION OF AI IN THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

N. Kudriavtseva; A. Nakornieieva

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Currently, there is an active development and implementation of AI technologies, which is becoming necessary in various fields, including the military. In 2022, Ukraine began cooperation with Clearview AI, an American company that develops AI technologies for face recognition using images from social media and

the Internet. This allowed Ukrainians to start collecting evidence to document war crimes by identifying people in the occupied territories, to identify Ukrainian children who were forcibly removed from Ukraine, and to identify saboteurs.

The current Russian-Ukrainian war has shown that the use of AI technologies can give an advantage in combat and defeat a much larger enemy. The American analytical centre Research And Development (RAND) has identified the following areas of AI application covering various military activities: Enterprise AI – in the defence sector, it can be used in logistics and medical records; Mission-Support AI – helps to improve the command and control system of troops in real-world combat operations; Operational AI involves the use of AI in weapons, which increases the effectiveness of their use and allows for the development of their autonomy. In the defence industry, Ukraine uses Palantir products, including Palantir Edge AI, which is designed to analyse various data sets. AI-based software helps automate processes such as UAV take-off and landing, and target acquisition during a combat mission. To collect intelligence and increase situational awareness, the Ukrainian military uses the Griselda system, which is capable of processing thousands of messages from satellites, UAVs, social networks, media and hacked enemy databases. The technology has been implemented with the Delta situational awareness system and the "Armour", "Ukrop", "Kropyva" and "GisArt" applications.

THE IMPACT OF UKRAINE'S ACCESSION TO NATO ON EUROPEAN SECURITY ARCHITECTURE

S. Boiko; I. Budur

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The issue of Ukraine's accession to the North Atlantic Treaty Organization is one of the most pressing in contemporary European politics. Russia's aggression against Ukraine has fundamentally changed the security situation in the region and intensified discussions about NATO's further expansion.

Positive Consequences of Ukraine's Accession to NATO:

- Strengthening Ukraine's security: Membership in NATO will provide Ukraine with collective security and guarantees of the inviolability of its borders;
- Resilience of NATO's eastern flank: The Alliance's eastward expansion will strengthen its eastern flank and make it more difficult for Russia to carry out further aggression;
- Strengthening European unity: Ukraine's accession to NATO will contribute to the consolidation of European democracies and strengthen transatlantic ties;
- Democratic reforms in Ukraine: To join the Alliance, Ukraine will have to carry out a number of democratic reforms, which will have a positive impact on the country's development.

Ukraine's Atlantic integration has not only positive but also negative consequences: escalation of the Russian-Ukrainian conflict and the threat of the use of nuclear weapons, increased military-political tension in Europe, and difficulties in implementing reforms.

European architecture are: strengthening NATO's unity, enhancing cooperation between member states and demonstrating its cohesion; further search for ways to engage in constructive dialogue with Russia; providing all possible assistance to democratic reforms in Ukraine and continuing to support Ukraine in carrying out the necessary reforms to bring it closer to NATO standards.

NATIONAL IDEA AND THE MORAL FACTOR OF WAR

*M. Bugas; E. Zasikan
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

War, as a multifaceted and dynamic phenomenon of the existence of society, has a multifactorial determination, transforms in character, methods and means. However, the place and role of the moral factor in achieving victory remain unchanged in the wars of different historical eras and peoples. Modern wars are no exception.

The modern war, which is clearly demonstrated by the heroic struggle of the Ukrainian people against Russian aggression, not only does not reduce, but on the contrary actualizes the role of the moral factor as the readiness and ability of the people and the army to selflessly fulfill their civil and military duties, endure the burdens and trials of war in order to achieve victory over the enemy.

The moral factor as a whole system formation has different levels of formation. The state and dynamics of the moral factor are determined by the influence of various factors, but its red tape is the national idea, which is the quintessence of the moral factor.

It is the national idea that unites the people, reflects the historical and modern aspirations of the people, its vision of the future becomes a kind of archetype in the perception of the past, present and future. In the conditions of war, the national idea is the basis of the manifestation of patriotic and military-patriotic qualities of the defenders of the Motherland, the source of the manifestation of courage, heroism and courage in the struggle for the freedom and independence of the people.

In the composition of the national idea, the following are distinguished: the main national idea (reflects the understanding of the society that the people aspire to have) and the main national ideas (reflect the aspirations of the people at certain stages of its historical development – gaining freedom and independence; building a sovereign and independent state; achieving victory over the enemy).

COMPARATIVE ANALYSIS OF ECOLOGICAL PROTECTION SYSTEMS IN THE MILITARY AND CIVILIAN SECTORS

*A. Jabrayilov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

A comparative analysis of ecological protection systems in the military and civilian sectors reveals both shared challenges and distinct approaches tailored to the specific needs and constraints of each domain. This study examines the differences and similarities in environmental protection practices, risk management, and sustainability strategies between the two sectors. While both sectors face the need to mitigate the impact of hazardous materials, pollutants, and waste, the military's operational requirements, such as the use of heavy machinery, chemical weapons, and high-risk zones, demand specialized solutions. On the other hand, the civilian sector focuses on broader environmental health concerns, including air and water quality, waste management, and sustainable development. The research also explores the technological innovations and regulatory frameworks adopted by each sector, assessing their effectiveness in achieving long-term ecological sustainability. By comparing these systems, the study offers insights into how best practices from

both sectors can be integrated to improve overall environmental protection in both military and civilian contexts.

This thesis focuses on the specific comparison between the two sectors, without repeating prior topics.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // *Journal of Radiation Researches*. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.
2. Axundov R. Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // *Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər*. – 2022. – № 3. – p. 8.
3. Akhundov R., Nabizade Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // *Ecological and environmental chemistry*. – 2017. – p. 141-141.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // *Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference*. Baku, Azerbaijan. – 2017. – p. 113-114.

ECOLOGICAL SECURITY ON THE BATTLEFIELD: PRACTICES AND CHALLENGES

*A. Jabrayilov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Ecological security on the battlefield is a critical yet often overlooked aspect of military operations, with significant implications for both environmental preservation and operational effectiveness. This study addresses the practical challenges and strategies for ensuring ecological safety in conflict zones, where the environmental impact of military activities is profound and multifaceted. It examines the interaction between combat operations and the environment, focusing on the contamination of air, water, and soil, as well as the destruction of biodiversity. The research further explores the role of military forces in mitigating these effects through sustainable practices, such as minimizing resource consumption, reducing waste, and implementing environmental monitoring systems. Key challenges include the complexity of enforcing environmental protection in war zones, the lack of infrastructure for post-conflict ecological restoration, and the limited integration of environmental considerations in military planning. The findings suggest that achieving ecological security in military theaters requires a multifaceted approach, combining technological solutions, policy frameworks, and international cooperation to balance military objectives with environmental sustainability.

This thesis introduces practical aspects of ecological security and highlights the unique challenges in military conflict zones without repeating prior themes.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // *Journal of Radiation Researches*. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.
2. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // *Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər*. – 2022. – № 3. – C. 8.
3. Akhundov R., Nabizade Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // *Ecological and environmental chemistry*. – 2017. – p. 141-141.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // *Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference*. Baku, Azerbaijan. – 2017. – p. 113-114.
5. Axundov R., Abdullayev R. S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi // *Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər*. – 2023. – № 1. – C. 9.

ENVIRONMENTAL SECURITY IN MILITARY OPERATIONS: STRATEGIES FOR SUSTAINABLE DEFENSE PRACTICES

*A. Jabrayilov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Environmental security in military operations is an emerging priority, with increasing recognition of the need to incorporate sustainability into defense practices. This study focuses on the strategic integration of environmental protection measures into military operations, aiming to reduce the ecological footprint of defense activities while maintaining operational effectiveness. It explores sustainable practices in areas such as energy use, waste management, and resource conservation within military units, as well as the implementation of eco-friendly technologies and infrastructure. The research examines the role of environmental risk management in military planning, particularly in combat zones, where ecological damage can have long-lasting effects. By analyzing current military policies and case studies, the paper identifies effective strategies for reducing environmental degradation, such as the use of renewable energy sources, the reduction of hazardous waste, and the rehabilitation of affected ecosystems after conflicts. The findings underscore the importance of incorporating environmental considerations into defense strategies to ensure both military readiness and long-term environmental sustainability.

This thesis introduces new aspects of environmental security in military operations, ensuring that it does not repeat previous themes.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // *Journal of Radiation Researches*. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.
2. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // *Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər*. – 2022. – № 3. – C. 8.
3. Akhundov R., Nabizadə Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // *Ecological and environmental chemistry*. – 2017. – p. 141-141.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // *Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan*. – 2017. – p. 113-114.
5. Axundov R., Abdullayev R.S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi // *Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər*. – 2023. – № 1. – C. 9.

FOSTERING INTERDISCIPLINARY RESEARCH IN HIGHER EDUCATION

*L. Yadigarova
Institute of Education (Baku, Azerbaijan)*

Interdisciplinary research in Higher Education Institutions (HEIs) has emerged as a transformative approach to addressing complex and interconnected global challenges such as climate change, public health crises, and the implications of globalization. This article explores the evolving role of HEIs in promoting interdisciplinary collaboration among scholars, emphasizing its growing importance in knowledge production, researcher development, and institutional reputation. By fostering cross-disciplinary integration, universities not only enhance the quality and

relevance of research but also better prepare students for a dynamic and competitive global market.

The paper highlights the shift in research culture from isolated academic endeavors to collective, team-based approaches that draw on diverse perspectives and methodologies. It also examines the role of funding agencies, academic frameworks, and institutional structures in supporting or limiting interdisciplinary efforts. Recent developments, such as the introduction of the Interdisciplinary Science Rankings (ISR) by Times Higher Education, underscore the rising demand for measurable outputs in interdisciplinary work.

Despite its potential, interdisciplinary research faces significant challenges, including methodological integration, evaluation metrics, and structural barriers within traditional academic systems. The article concludes by recommending that universities create supportive environments for interdisciplinary collaboration through institutional reform, professional development, and the establishment of collaborative platforms and networks.

References

1. Piriye H.K. et al. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // *Military knowledge*, 2014, No. 4, p. 3-9.
2. Agayev S.O. et al. *Modern pedagogical technologies in military education. Textbook. Part I.* // – Baku: Military Publishing House, 2016, 152 p.
3. Piriye H.K. et al. Provide interactive training methods. *Methodological materials* // – Baku: Military publishing house, 2016, 33 p.
4. Piriye H.K. et al. Training methods in military education. *Methodological materials* // – Baku: Military publishing house, 2017, 52 p.
5. Jia, W., Pan, L., Neary, S., & Moore, N. (2025). Interdisciplinary Knowledge Flow in International Higher Education Research: Characteristics and Mechanisms. *Education Sciences*, 15(2), 221. <https://doi.org/10.3390/educsci15020221>.
6. THE (2024) Interdisciplinary Science Rankings 2025: methodology. <https://www.timeshighereducation.com/world-universityrankings/interdisciplinary-science-rankings-2025-methodology>.
7. Ursić, L., Baldacchino, G., Bašić, Ž., Sainz, A. B., Buljan, I., Hampel, M., Kružić, I., Majić, M., Marušić, A., Thetiot, F., Tokalić, R., & Markić, L. V. (2022). Factors Influencing Interdisciplinary Research and Industry-Academia Collaborations at Six European Universities: A Qualitative Study. *Sustainability*, 14(15), 9306. <https://doi.org/10.3390/su14159306>.
8. Arnold, A., Cafer, A., Green, J., Haines, S., Mann, G., & Rosenthal, M. (2021). "Perspective: Promoting and fostering multidisciplinary research in universities". *Research Policy*, 50(9), 104334. <https://doi:10.1016/j.respol.2021.104334>.

FINANCIAL AND ECONOMIC SECURITY IN THE ERA OF GLOBAL RISKS

E. Muradova; E. Hashimov², ScD, prof.

¹*Azerbaijan State University of Economics UNEC (Baku, Azerbaijan);*

²*Azerbaijan Technical University (Baku, Azerbaijan)*

In an era marked by globalization, digital transformation, and geopolitical volatility, financial and economic security has emerged as a critical component of national security. This article examines the conceptual foundations of financial and economic security, identifies key internal and external risk factors, and evaluates strategic approaches to safeguarding stability in modern economies.

The study explores four main dimensions: (1) the core components of financial security, such as fiscal discipline, sound budgetary policies, public debt management, and the adequacy of foreign currency reserves; (2) economic vulnerability indicators, including insufficient diversification, energy dependence, and exposure to global market fluctuations; (3) threats to financial systems, including inflation, cyberattacks, fraud, and volatile capital movements; and (4) regulatory and analytical frameworks such as resilience indices, financial stability reports, stress testing, and macroprudential supervision.

Special attention is given to the specific needs of developing economies, with Azerbaijan serving as a contextual reference. Policy recommendations are provided to enhance macroeconomic governance, strengthen financial infrastructure, and adapt regulatory systems to the challenges of digitalization and strategic sector exposure.

The article concludes that long-term sustainable development and economic sovereignty can only be achieved through a balanced approach that integrates growth strategies with robust risk mitigation and institutional resilience.

References

1. Mammadov B., Hashimov E. Key duties of a country's economy related to national defense in critical times // Journal of Defense Resources Management. – 2017. – Т. 8. – №. 1. – С. 83-98.

ОСОБЛИВОСТІ ОХОРОНИ ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ ВЕЛИКОЇ БРИТАНІЇ: ДОСВІД ТА ІНОВАЦІЇ

*В.В. Стасюк, д.психол.н., проф.; А.А. Кириченко, д.філос.; В.В. Дикун
Національний університет оборони України*

Війна нового типу висуває суттєві вимоги до умов підготовки та ведення бойових дій (операцій), відповідності зразків озброєння та техніки, а також людського фактору, який є і залишається визначальним вектором досягнення перемоги над ворогом. Це стосується як системи професійної підготовки воїнів, так і в цілому їх психологічної підтримки, що є невід'ємною складовою боєздатності серед армій провідних країн світу.

Метою служби охорони психічного здоров'я Збройних Сил Великої Британії (Defense mental health services, DMHS) є забезпечення військовослужбовців швидким доступом до кваліфікованого, ефективного, гнучкого лікування на підставі індивідуальних потреб. Зазначений підхід покликаний сприяти відновленню і реабілітації військовослужбовців, забезпеченню швидкого повернення до виконання своїх обов'язків, коли це можливо, а також підтримці та допомозі для плавного, безболісного і ефективного переходу до цивільного життя. Лікування, догляд і реабілітація надаються у безпосередній близькості від робочого середовища особи, аби максимізувати професійне відновлення в тісній співпраці з первинними і вторинними медичними закладами надання допомоги. Чітке розуміння унікального характеру військової моралі, складу і завдання лежить в основі ефективного надання психолого-психіатричної допомоги військовослужбовцям. В цілому надання такої допомоги є мультидисциплінарною справою і забезпечується, залежно від індивідуальних потреб, різними кваліфікованими фахівцями.

У Збройних Силах Великобританії наголошується, що управління стресом і щоденна гігієна психічного здоров'я особового складу є функціями структури командування, а не медичних або допоміжних служб.

Коли структура командування не в змозі продовжувати підтримувати персонал, існують три рівні охорони психічного здоров'я: первинна медична допомога; загальна охорона психічного здоров'я; стаціонарна допомога за місцем проживання.

Відповідно до змін у цивільній Національній системі охорони здоров'я Великобританії, програма догляду за громадянами (так цей процес визначається у Національній службі охорони здоров'я) була ключовим елементом для планування уряду Великобританії протягом останніх двох десятиліть. Вважається, що вона добре підходить для надання психологічної допомоги як цивільним, так і військовослужбовцям. Звіт незалежної групи експертів став причиною закриття останнього військового стаціонару на початку 2004 року. Сьогодні будь-яке стаціонарне лікування надається незалежними організаціями, що мають право самостійно надавати послуги (зокрема, приватні психіатричні лікарні) на основі оплати за кожного пацієнта. Загалом психологічні послуги у Збройних Силах Великобританії, як і медичні, на 75% забезпечуються державними медичними закладами – цивільним медичним персоналом. Подібний підхід спостерігається і в ряді держав-членів НАТО з невеликою чисельністю збройних сил.

Отже, основною “робочою конячкою” військово-медичної служби Збройних Сил Великої Британії (DMHS) щодо охорони психічного здоров'я є військовий департамент психічного здоров'я (DCMH), який виконує всі функції фахівців охорони психічного здоров'я.

Загалом у Великобританії функціонують 15 DCMH з додатковими підрозділами в Німеччині, на Кіпрі і Гібралтарі. Завдання цих відділів – лікувати військовослужбовців, надаючи широкий спектр освітніх програм щодо психічного здоров'я, взаємодіяти з незалежними організаціями, що надають допомогу, а також сприяти звільненню за станом здоров'я у разі потреби.

На сьогодні штат у галузі охорони психічного здоров'я в різних установах нараховує близько 300 військових фахівців. Насамперед це військовослужбовці Королівських військово-морських сил, армії чи Військово-повітряних сил. Проте соціальна робота і психологічні послуги забезпечуються державними службовцями. Більшість військовослужбовців (75%) – медичні сестри, всі інші – психіатри, клінічні психологи та соціальні працівники. Зараз професійні психологи та профпатологи не є військовослужбовцями.

Політика і стратегія DMHS формується управлінням начальника військово-медичної служби збройних сил через виконавчі та професійні консультативні комітети. У Великобританії начальник військово-медичного управління є керівником усіх трьох медичних служб і може бути членом будь-якої медичної служби. Керівник DMHS є радником-консультантом. Кожна медична служба має свого радника-консультанта і старшого офіцера-керівника середнього медичного персоналу. Тобто фахівці з охорони психічного здоров'я зазвичай надають допомогу персоналу всіх трьох служб. Водночас кожна медична служба несе відповідальність за управління особовим складом і його професійне зростання, у тому числі й фахівців охорони психічного здоров'я.

В умовах розгортання військ актив військових працівників охорони психічного здоров'я складається із зареєстрованих медичних сестер охорони

психічного здоров'я (їх також називають психіатричними медсестрами), а також психіатрів-консультантів. Консультанти-психіатри традиційно працюють тільки на початковому етапі оперативного розгортання. На більш пізніх стадіях психіатричні медсестри утворюють Військові польові психіатричні бригади (ФМНТ) та виїзну службу від консультанта-психіатра.

Оперативне планування передбачає оцінку психогенних втрат, що в поєднанні з розміром сил розгортання диктує, який склад працівників охорони психічного здоров'я необхідний при розгортанні. У більшості традиційних бойових сценаріїв війни польові психіатричні бригади (ФМНТ) складаються з психіатра (офіцера у званні від капітана до майора (або їх еквівалент)), одного військовослужбовця старшого сержантського складу і двох або трьох психіатричних медсестер, розгорнутих на 2 або 3 позиції. Така структура польової психіатричної бригади допомагає усунути бар'єри щодо військових звань і зменшити упередження військовослужбовців щодо системи охорони психічного здоров'я. Позиція 2 зазвичай розміщується в батальйонному перев'язувальному пункті. Традиційно на 3–4 позиції (тил бригади) оцінка психічного здоров'я здійснюється військовим лікарем бригади. На позиції 5 розміщується польовий військовий госпіталь із подальшим доповненням персоналу охорони психічного здоров'я, включаючи консультанта-психіатра і психіатричних медсестер.

Перед розгортанням радник-консультант (DCMH) із фахівцями військових польових психіатричних бригад (ФМНТ) з медичної точки зору здійснює оцінку військовослужбовців, яких понизили у званні, або тих, які проходять курс психіатричного лікування, щоб дати чіткі вказівки командирам. Необхідно повідомити командирів про стан здоров'я цих осіб – чи готові вони до розгортання, і якщо так, то вказати існуючі обмеження щодо залучення цієї категорії особового складу до виконання певних робіт і завдань. Розгортання польових психіатричних бригад (ФМНТ) допомагає в управлінні перед оперативним стресом і знайомить командирів підрозділів з тим, як вони мають підтримувати особовий склад в районі бойових дій. На основі цього визначається порядок взаємодії підрозділів з польовими психіатричними бригадами. Адже часто підрозділи (персонал) охорони психічного здоров'я розгортають далеко від тих військових підрозділів, які вони підтримують.

Перед розгортанням обов'язковою вимогою є проведення командирами усіх рівнів офіційних брифінгів із залученням всіх військовослужбовців, які беруть участь у розгортанні. Такі брифінги призначені для надання не тільки фактичної інформації про стрес, але й детальної інформації про порядок (особливості) надання допомоги з охорони психічного здоров'я (і як отримати до неї доступ) під час майбутньої операції.

Під час розгортання команди прагнуть відвідати всі підрозділи в районі бойових дій та оглянути (за необхідності поспілкуватися) з тими, хто звертається за медичною допомогою. Бойові дії іноді обмежують поїздки, заважають режиму роботи, при цьому фахівці охорони психічного здоров'я можуть вимушено затримуватись в одному місці та не мати змоги надати допомогу всім, хто її потребує. У цих випадках військовослужбовці можуть звернутися до ФМНТ.

Крім цього, військово-медична служба Збройних Сил Великої Британії (DMHS) надає широкий спектр освітніх програм щодо психічного

здоров'я, а також сприяє звільненню воїнів за станом здоров'я у разі потреби. Однією з більш успішних програм з оцінки взаємної підтримки та психологічного ризику є “Система управління ризиками травмування” (Trauma Risk Management, TRiM), яка спрямована на вироблення у невідлічного персоналу збройних сил навичок, необхідних для виявлення військовослужбовців, які можуть страждати від травматичного стресу. Дана програма була вбудована до наявних систем управління персоналом та в подальшому стала складовою частиною програми “Першої психологічної допомоги Збройних Сил США”, призначеної для застосування невідлічним персоналом. Досконале володіння програмою управління ризиками травмування (TrIM) є однією з обов'язкових вимог щодо просування по службі командирів всіх рівнів, як безпосередніх наставників підтримки.

ДОСВІД КОМПЛЕКТУВАННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ ФІНЛЯНДІІ НА ТЛІ РЕКРУТИНГОВОЇ КРИЗИ В ЄВРОПІ

М.В. Борисенко, д.і.н.; В.В. Федорович

*Науково-методичний центр Департаменту кадрової політики
Міністерства оборони України*

Наслідки “демографічної зими” в Європі призвели до гострої нестачі добровольців в збройних формуваннях Німеччини, Франції, Великої Британії та інших країнах НАТО. Сьогодні лише кілька держав мають чітку стратегію протидії наслідкам світової демографічної кризи. Фінляндія – одна з небагатьох країн, яка продовжує активно нарощувати свою військову міць.

Служба в збройних силах Фінляндії є обов'язковою умовою для молодих чоловіків, яка була прописана в Конституції країни та у відповідному Законі. Після завершення дійсної служби, яка орієнтована на максимально ефективне здобуття молодим солдатом фахових навичок, військовослужбовець переходить у стан резервіста. Існування трьохступеневої служби – строкова служба за призовом, служба в резерві та служба в територіальних військах оборони регламентується трьома законами – “Законом про оборону”, “Законом про обов'язковий призов на військову службу” та “Законом про добровільну національну оборону”.

Отже, невелика чисельність регулярної армії Фінляндії компенсується наявністю великої кількості підготовлених резервістів, які готові в будь-який момент стати на захист Батьківщини. Така модель забезпечує стійкість до демографічних викликів сьогодення, постійний високий рівень готовності мобілізаційного резерву та сприяє консолідації суспільства в ставленні до обов'язку захисту суверенітету власної держави.

АКЦЕНТУАЛІЗАЦІЯ ПИТАННЯ СОЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ВІДПОВІДНО ДО ВИКЛИКІВ СУЧАСНОСТІ

Л.Р. Кучер, к.е.н., доц.; А.Т. Ніколаєв; М.В. Кучер

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

У контексті війни з росією особливої актуальності набуває питання соціального захисту військовослужбовців та осіб, звільнених з військової служби. Недостатня увага до ключових аспектів соціального захисту

військовослужбовців і членів їхніх сімей породжує зниження соціального рівня цих осіб, призводить до невиконання заявлених стандартів і створює проблеми з комплектування Збройних Сил України.

Основними викликами в умовах сьогодення є фінансова нестабільність, недостатня якість медичної допомоги та несвоєчасне її надання як для діючих військовослужбовців, так і для ветеранів військової служби; проблеми з працевлаштуванням, соціальна адаптація, бюрократичні бар'єри при оформленні документів; невирішені житлові питання негативно впливають на процес соціальної взаємодії ветеранів військової служби.

У сучасних умовах функціонування прерогативою соціального захисту військовослужбовців є покращення матеріального забезпечення із врахуванням напруженості та ризикованості виконуваних функцій; якісні медичні послуги з обов'язковою психологічною підтримкою воїнів; професійна адаптація та, за потреби, перекваліфікація осіб, звільнених з військової служби; соціальний супровід членів сімей військовослужбовців; активний розвиток ветеранських програм; нормативно-правове регулювання соціального захисту, державні гарантії та контроль за реалізацією розроблених програм у даній сфері.

Слід наголосити на важливості розробки дієвого механізму підтримки ветеранів українсько-російської війни. Належне визнання та повага в суспільстві, фінансове забезпечення, система пільг та компенсацій, своєчасне медичне обслуговування вселяють впевненість громадян України у своїй державі. Вважасмо за доцільне взяти досвід Ізраїлю, зокрема систему активного залучення цивільних установ та громадських організацій для підтримки родин військовослужбовців.

ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІЙСЬКОВОЇ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ В СИЛАХ ОБОРОНИ УКРАЇНИ

І.В. Красота¹, к.і.н.; О.П. Даценко¹; О.Л. Тракалюк², к.пед.н.

¹Науково-методичний центр кадрової політики Міністерства оборони України;

²Департамент кадрової політики Міністерства оборони України

У 2023 р. розпочався процес трансформації військової кадрової політики (далі – ВКП) в системі Міністерства оборони України (далі – Міноборони) з метою визначення сучасних засад ВКП та вирішення проблем, які безпосередньо впливають на доукомплектування військових посад Збройних Сил (далі – ЗС) України, було прийнято Концепцію ВКП в системі Міноборони на період до 2028 р., яку затверджено наказом Міноборони № 637 від 27 жовтня 2023 р.

Водночас, з метою розбудови системи залучення, розвитку та утримання людського капіталу в силах оборони України Міністром оборони України у травні 2024 р. затверджено Політику залучення, розвитку та утримання людського капіталу в силах оборони (далі – Політика).

Продовженням задекларованих у Політиці напрямків та принципів трансформації ВКП було розроблення Стратегії залучення, розвитку та утримання людського капіталу в силах оборони України на період до 2027 р. (далі – Стратегія), яка затверджена наказом Міністерства оборони України від 29 грудня 2024 р. № 862. Метою Стратегії є створення цілісної та

узгодженої системи залучення, розвитку та утримання людського капіталу в силах оборони України в умовах воєнного стану, у післявоєнний період та в мирний час.

Отже протягом 2023-2024 рр. відбулась трансформація ВКП та її поширення до Стратегії, яка реалізується шляхом щорічних заходів з метою досягнення стратегічних та оперативних цілей і завдань, моніторингу виконання індикаторів досягнення результативності цілей, суспільного діалогу та широкого залучення організацій громадянського суспільства, розвитку міжнародної співпраці за напрямками, визначеними у Стратегії.

КОНВЕРСИЯ КРОВООСПИННИХ ТУРНИКЕТІВ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ

О.В. Кателян¹, к.мед.н., доц.; М.Ю. Першин¹;

А.А. Тварковська¹; О.В. Тварковська²

¹Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Використання кровоспинного турнікету стало невід'ємною частиною домедичної допомоги постраждалому з метою порятунку життя в умовах війни. Достеменно відомо, що в умовах затримок евакуації з поля бою тривале перетискання турнікетом кінцівки (понад 2 години) створює загрозу розвитку компартмент-синдрому, ішемії здорових тканин кінцівки та в подальшому може призвести до її ампутації. За деякими статистичними даними приблизно 50% військових, яким накладено турнікет, не мали критичних кровотеч і не потребували накладання турнікету. Для запобігання негативних наслідків і мінімізації ризику втратити кінцівки на сьогодні запроваджено протокол конверсії турнікету. Проте наразі бракує одностайної статистичної інформації щодо її ефективності, що ставить під сумнів використання цієї методики.

У доповіді будуть представлені результати нашого дослідження, під час якого ми проаналізували медичні карти поранених військових і оцінили вплив конверсії турнікета на відсоток врятованих кінцівок. Буде показаний статистичний аналіз частоти збереження кінцівки в залежності від проведення чи відсутності проведення конверсії турнікету.

КІБЕРДИПЛОМАТІЯ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ СУЧАСНИХ ВІЙН

О.М. Гук, Ph.D.; Р.К. Мурашов, к.т.н.; С.І. Фараон, Ph.D.

Національного університету оборони України

За умови гібридного характеру кіберзагроз, санкції кримінальних законів є безперспективними та малоефективними. Кібербезпека потребує формування безпекового кіберпростору та системного впровадження правових інструментів превентивного характеру. Значну увагу доцільно приділяти упередженню дій держав-агресорів щодо розгортання інформаційних, гібридних, мережецентричних війн.

Кібердипломатія широко визначається як використання дипломатичних інструментів та ініціатив для досягнення національних інтересів держави в кіберпросторі, які зазвичай зазначаються в національних стратегіях

кібербезпеки. Кібердипломатія охоплює широкий спектр дипломатичних завдань, таких як встановлення зв'язку та діалогу між державними та недержавними суб'єктами; запобігання перегонам у створенні нових зразків кіберзброї; просування національних інтересів у кіберпросторі. Кібердипломатія ґрунтується на багатьох вимірах м'якої сили та вважається ефективним рішенням для пом'якшення кризи політичної чи економічної невизначеності.

Державні та недержавні суб'єкти можуть створити атмосферу передбачуваності та прозорості. Завдяки постійній взаємодії та безперервній співпраці у цій сфері стає можливим потенційне створення та прийняття кібернорм, які будуть регулювати відповідальну поведінку держав.

Таким чином доцільно підвищувати спроможності держави з кібердипломатії, створювати можливості для використання кіберпростору у своїх інтересах. У політичній, економічній та військовій сферах кіберпростір має забезпечувати й підтримувати діяльність ключових елементів інфраструктури держави, особливо у сфері забезпечення національної безпеки.

ПОНЯТТЯ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО СТРЕСОВОГО РОЗЛАДУ У ВІТЧИЗНЯНИЙ ТА ЗАРУБІЖНИЙ ПСИХОЛОГО- ПЕДАГОГІЧНИЙ НАУЦІ

С.В. Базарний¹, д.філос.; О.А. Новіков²

¹Національний університет оборони України;

²Національний університет "Острозька академія"

Посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) є одним із найбільш поширених і значущих психічних розладів, який виникає у відповідь на екстремально травматичні події. В умовах сучасного світу, де війни, терористичні акти, природні катаклізми та інші травматичні ситуації залишають значний відбиток у житті мільйонів людей, дослідження ПТСР набуло особливої актуальності. Проблема ПТСР вивчається як у вітчизняній, так і в зарубіжній психолого-педагогічній науці. В Україні особлива увага приділяється адаптації методів психологічної допомоги в умовах військового конфлікту та соціальної нестабільності. Дослідники США, Ізраїлю та країн Європи мають багаторічний досвід вивчення механізмів виникнення, діагностики та терапії ПТСР. Згідно з Міжнародною класифікацією хвороб (МКХ-11) та Діагностично-статистичним керівництвом з психічних розладів (DSM-5), ПТСР визначається як психічний розлад, що виникає внаслідок переживання або свідчення надзвичайно стресової або загрозливої ситуації. ПТСР є комплексним психопатологічним станом, що супроводжується низкою когнітивних, афективних та поведінкових порушень. До основних симптомів ПТСР належать нав'язливі спогади (флешбеки, кошмари, повторне переживання травматичної події), емоційне уникнення (відмова від розмов про травму, уникнення ситуацій, що нагадують про неї), гіперзбудливість (підвищена тривожність, безсоння, дратівливість), когнітивні дисфункції (проблеми з концентрацією уваги, порушення пам'яті) та соціальні труднощі (ізоляція, зниження інтересу до звичних занять). У психолого-педагогічному контексті ПТСР розглядається не лише як медична проблема, а й як фактор, що суттєво впливає на когнітивний розвиток, соціалізацію та емоційний стан особистості. Комплексне дослідження механізмів виникнення та прояву ПТСР дозволяє визначити найбільш

ефективні методи психологічної допомоги та психосоціальної реабілітації осіб, які зазнали травматичних подій. Проблема ПТСР набула особливої актуальності в Україні після початку військового конфлікту у 2014 році та повномасштабного вторгнення у 2022 році. Одним із ключових напрямів є аналіз впливу бойового досвіду на психічний стан ветеранів, що виявляється у формі агресії, соціальної ізоляції, депресії, а також схильності до зловживання алкоголем і наркотичними речовинами. Важливим аспектом є розробка і впровадження методів психологічної реабілітації як для військових, так і для членів їхніх сімей. У сфері терапії ПТСР особливу увагу приділяють вивченню нейробіологічних механізмів травми, використанню когнітивно-поведінкової терапії, а також впровадженню методів медитації та майндфулнес-практик для ветеранів. Зарубіжні дослідження активно застосовують експозиційну терапію, методи десенсибілізації та переробки травматичного досвіду за допомогою рухів очей (EMDR), а також програму “Безпечне місце” та “Resilience Training” для розвитку стресостійкості та саморегуляції. Сукупність цих підходів сприяє ефективному подоланню наслідків ПТСР та його профілактиці в майбутньому. Аналіз вітчизняних і зарубіжних досліджень дозволяє зробити висновок, що ефективне подолання ПТСР потребує комплексного міждисциплінарного підходу, який включає розширення доступу до психологічної допомоги, особливо для військовослужбовців. Важливим є впровадження програм ранньої профілактики ПТСР у навчальних закладах та реабілітаційних центрах, а також адаптація успішних міжнародних практик (когнітивно-поведінкової терапії, EMDR, арт-терапії) до українських реалій.

Використання науково обґрунтованих методів діагностики, терапії та реабілітації сприятиме зменшенню негативних наслідків ПТСР, що, обумовлює сприяння загальному зміцненню психічного здоров'я населення.

МІСЦЕ І РОЛЬ ОРГАНІВ ЦИВІЛЬНО-ВІЙСЬКОВОГО СПІВРОБІТНИЦТВА У РОЗВ'ЯЗАННІ СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНИХ ПРОБЛЕМ

В.М. Дурач; Н.М. Ісакова

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Загальновідомо, що в умовах правового режиму військового стану вводиться тимчасове обмеження конституційних прав і свобод та законних інтересів громадян, які є об'єктами національної безпеки.

Отже для державної політики в зоні бойових дій виникає два пріоритетних завдання: з одного боку, забезпечити національну безпеку за будь-яких умов, а з іншого – забезпечити права і свободи, законні інтереси громадян.

Як правило, завдання провадження розумної державної політики по відношенню до громадян покладається на органи цивільно-військового співробітництва.

Зокрема, у результаті діяльності цих органів можуть бути виконані наступні завдання:

проведення заходів із формування позитивної громадської думки щодо діяльності Збройних Сил України;

оцінка розвитку політичної, соціально-економічної, екологічної, санітарно-епідеміологічної ситуації, міжконфесійних та міжетнічних відносин із метою

визначення дестабілізуючих факторів у районах дислокації військових частин та підрозділів;

аналіз місцевих політичних, культурних, історичних, етнічних особливостей, стану національного та місцевого управління, соціально-економічного розвитку, потреб місцевого населення;

співпраця із цивільним населенням, місцевими органами влади, міжнародними урядовими і неурядовими організаціями, а також релігійними й іншими організаціями з метою створення сприятливих умов для виконання завдань військами (силами).

МЕТОДИКИ ДІАГНОСТИКИ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я

О.В. Львіна, к.ю.н.; О.В. Андрієнко, к.психол.н

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

В умовах війни діагностика ментального здоров'я потребує адаптації методів, включаючи впровадження мобільних груп підтримки, онлайн-консультацій, а також підвищення обізнаності персоналу про важливість турботи про психічний стан для підтримки ефективності виконання службових обов'язків на робочому місці.

Актуальність розглянутої теми полягає в необхідності забезпечення психоемоційного благополуччя працівників в умовах високих інтелектуальних і організаційних навантажень, характерних для наукових і технічних установ. Високий рівень стресу, перевантаження та тривала розумова активність можуть негативно впливати на ментальне здоров'я працівників, знижуючи їх продуктивність та ефективність діяльності.

Ментальне здоров'я визначає здатність людини адаптуватися до змін, ефективно працювати та брати участь у соціальному житті, а також сприяє підтримці фізичного здоров'я, креативності та продуктивності. Розглянуто взаємозв'язок між ментальним здоров'ям і стресовими факторами: війна, кризи, зміна умов життя чи роботи є основними факторами ризику. Хронічний стрес може призводити до емоційного вигорання, тривожності, депресії чи психосоматичних захворювань.

Методика діагностики є важливим інструментом для виявлення початкових ознак емоційного вигорання, тривожності або депресії, що дозволяє вчасно вжити заходи для покращення психоемоційного стану і запобігти розвитку серйозних порушень здоров'я. Враховуючи специфіку науково-організаційних та дослідних відділів, де переважають інтелектуальні та когнітивні навантаження, діагностика ментального здоров'я сприятиме підвищенню якості роботи персоналу та оптимізації виробничих процесів.

ЕКОНОМІЧНІ ЗАСАДИ ПОСИЛЕННЯ ОБОРОНОЗДАТНОСТІ КРАЇНИ

Ю.В. Федотова, к.е.н., доц.

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

Повномасштабне вторгнення росії на територію України по праву можна вважати гуманітарним й економічним шоком, наслідки якого впливають на світову економіку в цілому, що, поряд із іншими наслідками, відобразилося на

регулярності постачання продовольства, яке у першу чергу відчують на собі країни із низьким рівнем доходу. Україна має велику частку на світовому ринку кукурудзи, соняшникової олії та насіння, ячменю і пшениці. Проте внаслідок блокади українських чорноморських портів ціни на продовольство суттєво зросли. Для України головними наслідками повномасштабного вторгнення є численні людські втрати і гуманітарна криза, пов'язана із значною кількістю мігрантів і внутрішніх переселенців.

Забезпечення обороноздатності є пріоритетом для забезпечення національної безпеки країни. Важливою складовою формування національної економічної стратегії є військова економіка, особливості якої залежать від обставин: мирного часу (розбудова власних збройних сил у межах міжнародних зобов'язань); воєнного часу (мобілізація усіх ресурсів країни з метою протистояння збройній агресії).

Роль військової економіки у світі обумовлена перманентністю збройних конфліктів. Реалії сьогодення обумовлюють зростання частки таких галузей воєнної промисловості України, як: літако-, танко-, судно- та ракетобудування, виготовлення артилерійських систем, реактивних систем залпового вогню, безпілотних літальних апаратів, що вимагає збільшення обсягів військового бюджету і витрат на наукові дослідження.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ РЕФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

К.С. Ковальов

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

В умовах сучасних геополітичних викликів, військової російської агресії, національна безпека України потребує комплексного підходу до реформування та розвитку Збройних сил України.

Основними аспектами подолання цих викликів, з урахуванням соціально-гуманітарного виміру, що впливають на ефективність ЗС України та готовність нашого суспільства до протистояння зовнішнім загрозам є: взаємодія між армією та цивільним суспільством, моральний дух військовослужбовців, соціальна підтримка ветеранів та членів їх сімей, інтеграція жінок у ЗС України.

Ключовим чинником боєздатності нашої армії є високий моральний дух наших воїнів, який в умовах тривалого конфлікту необхідно постійно підтримувати. З цією метою у 2023 році Міністерством оборони України було впроваджено заходи зі створення мобільних психологічних бригад, які ефективно працюють у зоні бойових дій для зменшення наслідків психологічних травм, що виникають через участь військовослужбовців ЗС України у бойових діях.

З метою забезпечення соціальної адаптації ветеранів необхідно розвивати програми їх працевлаштування, навчання та соціальної інтеграції. У 2021 році уряд України запустив програму “Ветеранський бізнес”, яка надає фінансову підтримку ветеранам у створенні власного бізнесу. Програма передбачає надання фінансової допомоги, навчання та консультацій для ветеранів, які бажають розпочати або розвивати власну справу.

Отже комплексний підхід до вирішення питань забезпечення ефективності ЗС України та національної безпеки в цілому, що враховує соціальні, культурні та гуманітарні аспекти, дозволить Україні побудувати професійну, сучасну та боєздатну армію.

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА В КОНТЕКСТІ РЕФОРМУВАННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Ю.В. Діма

Національний університет імені адмірала Макарова

Інформаційна безпека є невід'ємною складовою національної безпеки, особливо в умовах сучасних інформаційних війн. Для України, що стикається з агресією та гібридними загрозами, забезпечення інформаційної безпеки має критичне значення для збереження суверенітету та територіальної цілісності. Водночас, крім технічних аспектів, соціально-гуманітарні фактори, як-от моральний дух населення та військових, є важливою частиною цієї боротьби.

Інформаційна безпека включає захист інформаційних систем, попередження інформаційних атак та маніпуляцій. Вона тісно пов'язана з національною безпекою, оскільки інформаційні загрози можуть суттєво підірвати стабільність держави, особливо в умовах гібридної війни.

Збройні Сили України повинні мати потужну систему захисту від кіберзагроз і інформаційних атак. Важливою складовою є підготовка військовослужбовців до протидії інформаційним викликам, що включає навчання, психологічну підтримку та співпрацю з цивільним населенням. Підвищення рівня інформаційної грамотності серед населення є важливим кроком у боротьбі з фейковими новинами та маніпуляціями. Спеціальні програми навчання військових та громадян щодо основ інформаційної безпеки сприяють збереженню стабільності країни.

Забезпечення інформаційної безпеки в Україні вимагає комплексного підходу, який включає як технічні, так і соціально-гуманітарні заходи. Реформа Збройних Сил повинна включати підвищення обізнаності та психологічної стійкості як серед військових, так і серед цивільного населення.

ОЦІНЮВАННЯ СВОЇХ ВІЙСЬК В ІНТЕРЕСАХ МОРАЛЬНО- ПСИХОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТІВ НАТО

О.І. Миронюк

Національний університет оборони України

Незворотній процес набуття Україною повноправного членства в НАТО, який розпочався ще в 1992 році, потребує здійснення цілої низки реформ у Збройних Силах, розв'язанню яких сприяє стандартизація. Стандартизація є ключовою формулою для успішної взаємодії між союзниками та ефективності Альянсу.

Поряд з цим, реформування ЗС України за стандартами НАТО є вкрай відповідальним завданням яке вимагає від офіцерів набуття відповідних знань щодо розуміння сутності операційного процесу, змісту процесу оперативного планування у тому числі щодо оцінювання операційного середовища.

Операційне середовище (area of operations, AO) є сукупністю умов, обставин та факторів, що впливають на застосування спроможностей військ та рішення командира. Оцінювання операційного середовища, згідно стандартів НАТО, передбачає розгляд шести основних факторів які мають вирішальне значення в процесі прийняття військових рішень та слугують аналітичною основою при оцінюванні, плануванні, підготовці і виконання операції (місії). Одним із шести факторів які підлягають оцінюванню є свої війська: завдання (mission); ворог (enemy); terrain & weather (місцевість і погода); війська (troops); часові обмеження (time).

Отже, оцінка своїх військ це важливий крок який поряд з іншими факторами, допомагає командирам виявити людей, яким потрібна допомога, оцінити їх моральний стан. Саме тому, одним із принципів ведення об'єднаних багатонаціональних операцій є принцип морального стану. Розуміння і застосування морального стану надає змогу командирам (штабам) злагоджено підходити до вирішення проблем. Адже, більшою чи меншою мірою всі люди піддаються страху, тому завдання командира – подолати його і допомогти у цьому своїм підлеглим.

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА У СФЕРІ КОМУНІКАЦІЙ

Д.В. Горб

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Інформаційна безпека посідає одне з ключових місць у системі забезпечення життєво важливих інтересів усіх без винятку країн. Це в першу чергу обумовлено нагальною потребою створення розвиненого інформаційного середовища суспільства. Але саме через інформаційне середовище найчастіше здійснюються загрози національній безпеці в різних сферах діяльності особистості, суспільства й держави. Зростаючий вплив зовнішніх інформаційних і комунікаційних чинників на розвиток суспільнополітичних відносин в суспільстві вимагає термінового підвищення якості виконання державою інформаційно-комунікаційної функції (ІКФ). Головною метою ІКФ, безумовно, є виключення будь-якої можливості зловживань при визначенні прав і свобод людини в інформаційній сфері.

Інформаційна війна, будучи обов'язковою інформаційною компонентою кожної звичайної війни, в інформаційному суспільстві набула обрисів окремих, специфічних воєн. Вона має на меті завоювання економічного простору, встановлення конкурентоспроможних моделей бізнесу, підпорядкування країн своєму впливу. В інформаційній війні здійснюється втручання в електронні потоки і електронні системи управління. Ведеться розвідувальна війна з максимальним використанням найсучасніших оперативно-організаційних і науково-технічних засобів.

Таким чином, сьогодні інформація виступає реальним інструментом взаємодії складових і суспільства, і міжнародної спільноти, засобом досягнення компромісів, прийняття узгоджених рішень і взаємовигідних дій на будь-якому рівні. З іншого боку, створювана сьогодні інформаційна культура створює віртуальну реальність у глобальному масштабі, що сприяє зростанню масових ілюзій, відводячи від дійсності. Людство стоїть перед величезним проблемним полем інформаційної стихії, що вимагає дослідження, впорядкування і систематизації для подальшої її регламентації.

НЕОБХІДНІСТЬ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

І.В. Перемибіда

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Наслідками бойових дій військовослужбовців військових частин Збройних Сил України, зокрема у сучасних умовах багато в чому залежать від морально-психологічного стану особового складу, його здатності переносити колосальні фізичні і психічні навантаження, зберігати мотивацію до перемоги.

Все це робить актуальною діяльність командирів, офіцерів структур психологічної підтримки персоналу щодо психологічної підготовки до бойових дій – подолання особовим складом негативного впливу бойових стрес-факторів. Тому нині актуальні не тільки врахування морального фактору, але й технологія психологічної підготовки військовослужбовців до бойових дій.

Виконання завдань загальної психологічної підготовки досягається формуванням у військовослужбовців визначеної мотивації, спрямовується на навчання їх прийомам емоційно-вольової мобілізації, зняття негативних психічних станів, методам надання собі і співслужбовцям першої психологічної допомоги, поведження в непередбачуваних умовах, покращення соціально-психологічної сумісності та підвищення стійкості військових підрозділів.

Від того, наскільки якісно будуть краще сформовані моральні та психологічні сили, мобілізовані, адекватні вимогам сучасного бою, значною мірою буде залежати перемога – результат бою.

АСПЕКТИ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПЕРСОНАЛУ В РЕФОРМУВАННІ ТА РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

О.В. Коваленко

Національний університет оборони України

Психологічна підтримка персоналу є важливою складовою на сучасному етапі розвитку Збройних Сил України. Особливої гостроти вона набуває в умовах російсько-української війни. Вона включає різноманітні методи, що сприяють підвищенню психологічної стійкості, емоційної стабільності військовослужбовців.

Одним із головних аспектів психологічної підтримки є здатність зберігати оптимальний морально-психологічний стан навіть за умов високого стресу та небезпеки. Ефективність виконання завдань залежить від того, наскільки добре військовослужбовці можуть управляти своїми емоціями та зберігати психологічну стійкість.

Однією з проблем є складність взаємозв'язку між професійними обов'язками та особистісним благополуччям. Дослідження свідчать, що неналежна професійна підготовка та недостатня психологічна готовність, особливо під час бойових дій високої інтенсивності, призводять до стресу, тривоги та невпевненості.

Одним із основних аспектів ефективності підрозділу є згуртованість колективу. Згуртованість забезпечує сильні міжособистісні зв'язки, довіру та морально-психологічний клімат в підрозділі, що дозволяє ефективно

виконувати завдання в екстремальних умовах. Для розвитку згуртованості важливими є фактори, що включають ідейну єдність, духовну згуртованість, взаємодію між членами групи, а також рівень керівництва. У згуртованих групах зменшується кількість конфліктів, підвищується почуття безпеки, покращується взаємодія. Мотивація до членства, групова привабливість та ціннісно орієнтована єдність, сприяють розвитку високого рівня згуртованості.

РОЛЬ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В ПАТРОНАТНИХ СЛУЖБАХ КЕРІВНИКІВ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ

А.О. Кривцов

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

В умовах військової агресії та гібридних загроз роль військовослужбовців Збройних Сил України у патронатних службах керівників органів місцевого самоврядування суттєво зростає. Вони забезпечують координацію між військовими структурами, місцевими адміністраціями та громадянами для посилення національної безпеки.

Основними напрямками діяльності військовослужбовців у патронатних службах керівників органів місцевого самоврядування є: координація оборонних заходів на місцевому рівні (співпраця між органами місцевого самоврядування і територіальними центрами комплектування та соціальної підтримки, розробка та реалізація планів територіальної оборони, Моніторинг безпекової ситуації та оцінка ризиків), організація територіальної оборони та мобілізаційної роботи (допомога у формуванні підрозділів територіальної оборони, залучення громадян до добровільних формувань, проведення навчань з військової підготовки для цивільного населення), гуманітарна та соціальна підтримка (координація допомоги військовослужбовцям, ветеранам та їхнім сім'ям, взаємодія з волонтерськими організаціями та міжнародними партнерами, реабілітаційні програми для військових та внутрішньо переміщених осіб), інформаційна безпека та протидія дезінформації (контроль інформаційного простору для запобігання пропаганді, поширення перевіреної інформації серед населення, організація національно-патріотичного виховання молоді), забезпечення громадської безпеки (охорона критичної інфраструктури та стратегічних об'єктів, реагування на надзвичайні ситуації та техногенні катастрофи).

Залучення військових до патронатних служб керівників органів місцевого самоврядування сприяє: ефективнішому управлінню безпековими ризиками на місцевому рівні, посиленню взаємодії між владою та військовими структурами, підвищенню рівня цивільної безпеки та національного спротиву.

Таким чином, активне залучення військовослужбовців до роботи в патронатних службах керівників органів місцевого самоврядування є необхідним елементом зміцнення обороноздатності України та розвитку стратегії національної безпеки, оскільки військовослужбовці Збройних Сил України відіграють ключову роль у забезпеченні національної безпеки на місцевому рівні, сприяють координації оборонних заходів, організації територіальної оборони, протидії інформаційним загрозам, соціальній підтримці військових і ветеранів, а також гарантуванню громадської безпеки.

АДАПТАЦІЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ МОРСЬКОЇ ПІХОТИ ДО ДІЯЛЬНОСТІ В БОЙОВИХ УМОВАХ

А.С. Старостін

Національний університет оборони України

У сучасних умовах військові конфлікти характеризуються високим рівнем динамічності, непередбачуваності розвитку подій, а також значним фізичним та психологічним навантаженням на військовослужбовців. Морська піхота, як один із ключових підрозділів Збройних Сил України, виконує завдання в специфічних умовах, які потребують високого рівня професійної підготовки, фізичної витривалості, психологічної готовності та стійкості. Процес адаптації військовослужбовців до бойових умов є ключовим фактором, що забезпечує успішне виконання бойових завдань, збереження життя особового складу та підтримання бойового духу.

Морська піхота являє собою окремих рід військ, основною спеціалізацією якого є проведення операцій у прибережних зонах, здійснення десантних дій із моря або повітря, а також забезпечення оборони стратегічно важливих об'єктів і територій на узбережжі. Ці війська, як і військово-морський флот України, зазнали значних втрат унаслідок російської анексії Криму у 2014 році. Частина військовослужбовців морської піхоти, дислокованих на півострові, перейшла на бік Росії, порушивши військову присягу. Попри це, українська морська піхота зберегла свою боєздатність і продовжила існування, поступово відновлюючи свої сили та потенціал. Визначальною особливістю морської піхоти є її тісний зв'язок із морським середовищем, що вимагає спеціалізованих знань, навичок та високого рівня стійкості. Хоча морська піхота входить до складу Військово-Морських Сил Збройних Сил України, її функціональні завдання нерідко включають надання підтримки іншим родам військ у прибережних зонах.

У розпорядженні морської піхоти знаходяться десантні кораблі, транспортні літаки, вертольоти, а також кораблі на повітряній подушці. Ці транспортні засоби забезпечують високу маневровість, що дає змогу виконувати як тактичні, так і стратегічні завдання, визначені флотським командуванням. Основою тактики ведення бойових дій є десантування, спрямоване на захоплення та утримання ключових об'єктів і територій. Окрім цього, морська піхота виконує завдання з охорони військово-морських баз, штабів і пунктів управління флоту.

Морський піхотинець – це універсальний воїн, здатний діяти у воді, в повітрі та на суші. Цей рід є важливою складовою Військово-Морських Сил, виконуючи роль “сухопутних рук” цих сил, а також здійснює взаємодію з підрозділами інших родів військ, особливо в приморських районах. Зокрема, серед основних завдань морської піхоти можна відзначити зупинку організованого відходу противника, блокування його резервів, а також проведення рейдів у тилу угруповань ворога з метою створення постійної напруги в його обороні. Крім того, морська піхота бере участь у стабілізаційних операціях, забезпеченні безпеки судноплавства, охороні суден у Чорному морі, виконуючи функції групи силової підтримки, а також сприяє ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Не менш важливим є також участь морської піхоти в міжнародних операціях з підтримання миру та безпеки, що є частиною її багатофункціональної діяльності в умовах глобальних викликів.

Морська піхота має значну кількість своїх символів, які відіграють важливу роль у формуванні ідентичності цього підрозділу. Одним із найвідоміших є чорний берет, що традиційно вважається ознакою елітності, аналогічно блакитному беретові у десантників. Ця традиція бере свій початок ще з радянської армії, де бійці отримували чорні берети після проходження особливих випробувань.

У 2017 році волонтери, які займалися процесом заміни радянської символіки в Збройних Силах України, запропонували змінити колір беретів для морської піхоти на синьо-зелений, що символізує “морську хвилю”. Ця ініціатива стала частиною більш широкого процесу модернізації та адаптації військової символіки до сучасних умов, підкреслюючи незалежність та нову ідентичність української армії.

Символіка таких змін є важливим етапом у трансформації військових традицій та підвищенні бойового духу підрозділів, що виконують ключові завдання для забезпечення безпеки України.

Адаптація цієї категорії військовослужбовців до бойових умов виступає одним із визначальних чинників, що безпосередньо впливає на успішність виконання бойових завдань. Особливості завдань морської піхоти потребують адаптації до складних географічних і кліматичних умов. Піхотинці виконують бойові завдання на суші, у прибережних зонах, під час десантних висадок і в обороні важливих об’єктів. Постійна зміна середовища та необхідність взаємодії з іншими військовими підрозділами створюють специфічні вимоги до підготовки.

Адаптація військовослужбовців морської піхоти до бойових умов є складним та багатограним процесом, що охоплює як фізіологічні, так і психологічні аспекти. Військовослужбовці цього роду військ часто стикаються з екстремальними умовами: дії на суші, воді, під водою, а також у складних погодних умовах. Вони повинні бути готовими до виконання специфічних завдань, що включають не тільки бойові дії, а й евакуацію, розвідку, ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій та підтримки безпеки судноплавства. У таких умовах здатність швидко адаптуватися до змінюваних ситуацій є критично важливою.

Психологічна адаптація є ключовим компонентом цього процесу, оскільки морські піхотинці часто працюють у відокремлених умовах, де підтримка бойових побратимів та командна згуртованість є необхідними для успішного виконання бойових завдань. Підготовка до таких випробувань включає не лише інтенсивну фізичну підготовку, а й психоемоційне навчання, яке сприяє розвитку психологічної готовності, стійкості до стресу, тривожності та невизначеності. Психологічні тренування допомагають воїнам зберігати спокій у надзвичайних ситуаціях, приймати обґрунтовані рішення під тиском та забезпечувати взаємодію в команді.

Також важливим фактором адаптації є підтримка морально-психологічного стану військовослужбовців. Вони мають бути впевнені в своїх силах і здатності виконувати поставлені завдання. Символіка, зокрема берети синьо-зеленого кольору, відіграє значну роль у цьому процесі, оскільки вона символізує приналежність до елітних підрозділів, що підвищує відчуття гордості та бойового духу. Цей символ підкреслює важливість кожного військовослужбовця в складі підрозділу і є стимулом для збереження високих моральних стандартів у бойових умовах.

Оскільки морська піхота активно взаємодіє з іншими родами військ та виконує складні завдання, адаптація до бойових умов вимагає не лише

індивідуальної готовності, а й ефективної командної роботи. Це включає взаємодію з іншими підрозділами, координацію дій у бойовій обстановці, а також розуміння важливості кожної ролі в системі загальної операції. Тому адаптація військовослужбовців морської піхоти є динамічним процесом, що передбачає постійну підготовку та вдосконалення.

Таким чином, адаптація військовослужбовців морської піхоти до бойових умов є складним і багатоаспектним процесом, що включає фізичну, психологічну підготовку та командну взаємодію. Здатність швидко реагувати на сучасні виклики та загрози, зберігати бойовий дух і ефективно виконувати завдання в екстремальних ситуаціях є основою успіху цього роду військ. Важливим елементом є також постійне вдосконалення тактики та стратегій, що дозволяє підрозділам морської піхоти адаптуватися до нових викликів, забезпечуючи високий рівень бойової готовності. Психологічна стійкість, ефективна взаємодія в команді та підтримка морального духу дозволяють морським піхотинцям виконувати складні завдання навіть в умовах високого стресу та невизначеності, що є запорукою їхньої ефективності в будь-яких бойових умовах.

СЕКЦІЯ 20

**ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ, ПРАВОВІ ТА СОЦІАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ПРОФЕСІОНАЛІВ В УМОВАХ
РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

Керівники секції: к.т.н. полковник Могилаєнко А.С.;
к.філос.н. доц. полковник Кротюк В.А.
Секретар секції: д.філос. майор Худавердова А.О.

**ANALYSIS OF THE PERCEPTION OF TERRORIST THREATS DURING
THE ARMED CONFLICT IN UKRAINE**

*A. Mohilatenko¹; Candidate of Technical Sciences;
V. Artiukhova², Candidate of Psychological Sciences
¹Air Forces Command of Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The ongoing armed conflict in Ukraine can generally be classified as terrorism or genocide directed against the Ukrainian people. In order to intimidate the population and destabilize the internal situation, Russia systematically uses terrorist methods such as shelling civilian objects, destroying infrastructure, and employing banned types of weapons. In response to terrorist threats, the Ukrainian population demonstrates a significant variety of psychological reactions, which may lead to the disintegration of social ties, disruption of adaptive mechanisms, and the development of pathological forms of behavior in individuals.

According to our research, 78.1% of respondents reported feeling the impact of the terrorist threat during the war. Stress and anxiety were indicated by 72.4% of the participants, with the main causes of these experiences being the lack of a sense of security (59.7%) and protection (51.7%).

Additionally, several features of responses to terrorist threats have been identified depending on gender. For women, emotional instability, anxiety, panic attacks, and possibly social phobias and intrusive thoughts are characteristic. For men, psychological stress is predominantly manifested through a decline in work productivity, reduced motivation, and a lowered mood.

The identified psychological health issues among the respondents indicate the need for the organization of qualified support and assistance, taking into account gender differences.

**HARMONIZATION OF PROFESSIONAL STANDARDS WITH NATO
REQUIREMENTS AND UKRAINIAN LEGISLATION:
PROBLEMS AND PROSPECTS**

*A. Bereznyi, Candidate of Technical Sciences; Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Professional standards play a crucial role in developing a modern system of military education. They establish uniform competency requirements for graduates of military institutions, ensuring consistency and coherence in personnel training. Clearly defined standards orient educational programs towards practical skills essential for officers and sergeants under real combat conditions and operational

duties. Specifically, professional standards provide: unity in training approaches, eliminating fragmentation; practical orientation focused on actual combat conditions, incorporating lessons from the Russo-Ukrainian War and NATO practices; increased mobility and interoperability of the Armed Forces of Ukraine (AFU) with NATO member armies.

Harmonization of Ukrainian professional standards with NATO involves:

- Competence-based training, focusing on practical skills, leadership development, and the principle "Train as you fight".
- Standardization of language training (STANAG 6001), ensuring adequate English proficiency for interoperability with allies.
- Implementation of NATO education standards, particularly NATO Bi-SCD 075-007 "Education and Training", to ensure quality military education.
- Flexibility and modularity of educational programs, adapting rapidly to changes in tactics and technologies, emphasizing "life-long learning".
- Standardized evaluation methods based on NATO's Operational Capabilities Concept Evaluation and Feedback (OCC E&F), enabling comparison of Ukrainian units' readiness levels with NATO standards.

Legal Regulation of Professional Standards in Ukraine: Key legislative acts include: Law of Ukraine "On Education" – established the National Agency for Qualifications (NAQ), coordinating professional standard development; Law of Ukraine "On Higher Education" – integrates military education into the national system, aligning qualifications with the European framework; CMU Resolution No.373 (2017), defining procedures for developing and implementing professional standards; CMU Resolution No.576 (2021), outlining procedures for recognizing qualifications obtained abroad; CMU Resolution No.620 (2021), establishing a Qualifications Register, enhancing transparency; CMU Resolution No.956 (2021), introducing qualification centers for certification.

Achievements in Harmonization:

- In 2023–2024, the AFU Air Force Command, jointly with Kharkiv National Air Force University (KhNAFU), developed 11 new NAQ-approved professional standards for tactical-level officer positions, previously absent from national classification.
- NATO Professional Qualifications Framework (PQF) alignment ensures standards meet NATO expectations.
- Educational programs were updated, including NATO-compliant L-1A (basic officer training) and L-1B (advanced platoon-level training) courses.

Main problems in harmonization: regular updating of standards to reflect evolving military technologies and tactics, particularly UAV operations, communications, and control systems; insufficient technical training facilities, simulators, and testing sites meeting NATO requirements; need for enhanced training of teaching staff, focusing on innovative teaching methodologies, English proficiency (STANAG 6001), and active participation in standards development; bureaucratic obstacles due to complex approval processes delaying implementation.

Prospects for further integration:

- Expanding standards development (additional 13 standards in 2025-2026).
- Enhancing NATO collaboration for accreditation, certification, and mutual recognition of educational programs.
- Implementing continuous quality monitoring and feedback mechanisms.
- Integrating combat experience into standards and contributing Ukrainian lessons learned to NATO's international qualification frameworks.

Harmonizing Ukrainian military education standards with NATO is strategically important, significantly enhancing training quality, interoperability with NATO forces, and laying the groundwork for Ukraine's integration into the Euro-Atlantic security system.

THE VALUE-BASED FOUNDATION OF PATRIOTIC EDUCATION IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*V. Krotiuk, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor;
Yu. Kalynovskyi, Doctor of Philosophical Sciences, Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Patriotic education is a crucial component of the functioning of the Armed Forces of Ukraine, especially in the context of the Russian-Ukrainian war. The implementation of patriotic education measures involves the promotion of relevant values, influencing the value system of military personnel, and strengthening their spiritual and moral resilience. As a result of patriotic education in the Armed Forces of Ukraine, a service member should acquire the following personal values: national pride, honor, dignity, sincerity, kindness, responsibility, patience, diligence, and self-discipline. In the context of interpersonal relations, a service member should embody tolerance, humanism, national tact, justice, conscience, hospitality, integrity, openness and responsibility. Most importantly, in their attitude toward the Motherland, military personnel should be guided by the following axiological principles: faith, love, civic responsibility, loyalty, readiness to defend the state, a desire to contribute to the country's development, respect for the Constitution and national laws, pride in the nation's achievements, concern over its setbacks, as well as social activism and initiative. Patriotic education in the Armed Forces of Ukraine is impossible without the effective transmission of national values, including respect for the Ukrainian language, the necessity of accumulating, preserving, and passing on national customs and traditions, a careful attitude toward national wealth and native nature, the promotion of the Ukrainian people's spiritual life, and a reverent approach to national and state symbols. Thus, the value-based foundation of patriotic education in the Armed Forces of Ukraine consists of a complex set of interrelated axiological blocks that encompass personal, national, and universal human values. Patriotic education must not be merely formal but should be filled with concrete meaning, particularly through examples of dedication to the Motherland during the Russian-Ukrainian war.

MODERN FACTORS IN THE FORMATION OF A MILITARY LEADERSHIP MODEL

*V. Lukianenko; V. Shcherbak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of military leadership is based on the following model of military leadership formation, which reflects the system, processes and key components of leadership behavior, namely: adherence to values, development of professional and personal competencies and acquisition of experience.

The value-competence approach contributes to the implementation of the model of requirements for a military leader and is designed to ensure the continuous development and self-improvement of military leaders through the formation of

ethical consciousness, which, in combination with military professionalism and personal effectiveness, provides a military leader with the ability to make the right decisions in difficult circumstances and motivate personnel to implement them.

Values guide military leaders in their daily activities, shaping a shared professional identity and ethical behavior.

Competencies set a clear and consistent path for a leader's development, outline the requirements for his professional skills and abilities, personal traits at different levels of command, are demonstrated through behavior and can be observed and evaluated by management and personnel.

The combat experience of a military leader (stable practical knowledge and skills acquired during combat operations) contributes to the successful conduct of combat and operations, the ability to find the right solutions and perform complex combat missions, has a positive impact on interaction with personnel, helps to avoid repeating mistakes and miscalculations in the organization and conduct of combat operations, and more fully realize the capabilities of personnel, military equipment and weapons.

FORMATION OF A MILITARY SPECIALIST – LEADER OF LEGAL COMPETENCE ON THE BASIS OF SOCIAL RELATIONS DURING ARMED AGGRESSION

V. Semenyuk; V. Vasylenko;

*D. Zhuikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The training of highly professional military specialists – especially citizens of Ukraine who are trained under the reserve officer training program under contract, in modern conditions of combat operations, – is one of the priority areas for realizing the potential of higher military educational institutions.

Based on the analysis of research and scientific publications, the author put forward the idea of the possibility of characterizing the essence and structure of legal competence necessary for a modern military specialist – as a leader. On this basis, it is necessary to reveal and form the motivational, cognitive, and those necessary for his military activities, personal components of the legal competence of a future specialist. It should also be emphasized that competence combines the personal and professional aspects of specialists during their higher education, without excluding the influence of legal regulation of social relations as a key determinant of the socio-political development of any state.

Based on this, in the structure of military legal competence, according to the authors' conclusions, the following main components should be distinguished: motivational, cognitive, activity, and also reflexive-evaluative and axiological components can be distinguished separately.

The report also determined that one of the priorities in the concept of modernization of education is legal education. In the course of mastering professional activity and during the transition to higher levels of professionalism, a stage of stable use of methods and means of performing tasks accumulated in professional experience at the level of high standards comes, which becomes the basis for mastering professional skills, for the achievement of which it is necessary to have a certain "personal potential".

IMMERSIVE TEACHING TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TRAINING FUTURE OFFICERS

*V. Lukyanenko; S. Sobolieva, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern socio-political challenges require new approaches to training competent specialists for the defense and security of Ukraine. The introduction of immersive technologies in a higher military school is not only a need of the hour, but also an effective tool for improving the quality of training future officers.

The concept of "immersion" (Latin "immersio") means complete or maximum possible immersion in a certain environment (virtual or audiovisual reality), which creates the impression of presence and a sense of participation in it.

Immersiveness in education is a kind of cognitive strategy, a set of certain methods, ways and techniques of interactive interaction of participants in the educational process in the conditions of an artificially created virtual or real-virtual environment capable of influencing the mental and sensory sphere.

Immersive (or augmented reality technologies) are technologies of full or partial immersion in the virtual world or various types of mixed reality.

The effectiveness of immersive technologies in the process of training future officers is manifested in the ability to create scenarios close to real situations, simulate realistic combat conditions, improve skills and abilities, develop the ability to adapt and adequately respond to extreme conditions, learn to avoid mistakes in real combat situations as much as possible, and gain some experience without risking your life.

Immersive technologies increase the efficiency and intensity of training, and also contribute to the development of critical, analytical, strategic thinking skills and emotional intelligence, which are necessary Soft skills in the professional activities of an officer.

LOGIC OF LESSON PROGRESSION BASED ON THE "LESSON" ACTIVITY MODULE IN THE MOODLE SYSTEM

*S. Teliukov, Candidate of Technical Sciences;
S. Huzchenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;
V. Yavtushenko; I. Sharapa
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The elements of the "Lesson" activity module in the Moodle system allow for various implementations of educational content (lesson materials). To create a structured and interactive learning experience, combined with monitoring the quality of material comprehension and enabling its revision, the following logical schemes for lesson progression using the "Lesson" activity module in Moodle are proposed:

- Linear scheme;
- Cyclic scheme (with or without retry attempts);
- Trap scheme (with or without retry attempts).

The proposed logical schemes can help motivate learners to thoroughly study and understand the educational material rather than engaging with it superficially. Additionally, these logical schemes can be combined within a single "Lesson" activity module, for example, in the development of lectures, group activities, or practical exercises.

A well-structured and rational implementation of lesson progression based on these schemes can enhance learners' engagement in both in-person settings (e.g., during independent study sessions) and distance learning environments. Furthermore, research continues into new methods of delivering educational content while simultaneously monitoring comprehension quality, analyzing the patterns of logical schemes based on the "Lesson" activity module in Moodle, and their impact on knowledge acquisition.

URGENT ISSUES OF THE LAW OF WAR AS A GUARANTEE OF HUMANE COMBAT ACTIONS

A. Babych, Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor;

A. Babych, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;

O. Malieiev; H. Kudriashov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Unfortunately, international legal acts do not directly prohibit the conduct of war, they only define some prohibitions on the conduct of war. Without denying that International Humanitarian Law is a breakthrough of the international community on the path of humanizing armed conflicts, but, as the practice of military operations shows, there is a lag of certain provisions of international legal acts from the pace of development of the modern international military-political environment. This gives rise to a number of urgent issues, such as the lack of clear criteria for the legal classification of situations and events related to the use of weapons, as well as the imperfections of the system of monitoring and legal assessment of events during armed conflict. After all, each party to the armed conflict assesses the situation in accordance with its interests, and international legal assessment, in many cases, is "restrained" or absent. Therefore, establishing a legal justification for the ways to solve the above problems, based on the theoretical aspects of the modern realities of armed confrontation, the practice of legal support for the Russian-Ukrainian war and determines the further development of International Humanitarian Law.

The main three problems of modern international law are emerging, namely: – the absence of a system for classifying armed conflicts that would correspond to the realities of modernity; – imperfection of monitoring and evaluating the rules of warfare; – the absence of legal justification for the use of effective force levers of international influence, in particular sanctions, which is why decisions are not made or are made late.

THE NEED FOR CHANGES IN THE PHYSICAL TRAINING OF AIR FORCE FLIGHT PERSONNEL IN CONDITIONS OF INCREASING WORKLOADS

V. Kirpenko, Candidate of Sciences in Physical Education and Sports, Associate Professor;

S. Belov; I. Danilishyn

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The physical training of the flight personnel of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine should be related to their achievement of readiness to conduct combat operations with a high level of combat tension (increasing the number of combat flights). Such tension will be due, to some extent, to limited numbers of both qualified flight crew and aircraft equipment.

The experience of conducting combat operations of the modern Russian-Ukrainian war indicates the need for changes in the physical training of the Air Force's flight personnel in conditions of increasing workloads. To do this, first of all, exercises should be added to the training of pilots that will reinforce the strength endurance of the abdominal, trunk, and leg muscles. If we talk about the hemodynamic factor, it is obvious that to resist the movement of blood in the direction of accelerations "head-to-pelvis" by reducing the volume of the vascular bed by compressing it with the mass of the muscles of the abdomen, thighs, and lower legs, it is necessary that these muscles be powerful enough.

Training in middle-distance running, speed swimming at various distances, and diving is important in terms of increasing resistance to overload. The fact is that during air combat, under the influence of accelerations of blood mass, oxygen supply to the brain and coronary blood circulation deteriorate. As for the listed exercises that are performed in conditions of oxygen starvation, they contribute to the adaptation of the pilots organism to such conditions.

To improve the physical training of flight personnel in conditions of increased loads during modern combat operations, it is proposed to change the exercises performed sequentially throughout the day. Namely – increasing deadlift repetitions; throwing the shot put over yourself in a standing position; bending and extending the arms in a prone position (with raising the hands in the lower position); raising the legs on the crossbar; running 2 miles (3200 m).

АКТУАЛЬНІСТЬ ФОРМУВАННЯ ГЕНДЕРНО-ЧУТЛИВОГО ЛІДЕРСТВА У ВІЙСЬКОВИХ КОЛЕКТИВАХ

В.В. Мошаренков¹, к.т.н., доц.; Л.В. Буколова²; Т.В. Мошаренкова¹
¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;
²Командування Повітряних Сил Збройних Сил України

У світі, який стрімко змінюється, успіху досягає той, хто здатний об'єднувати. У військовому середовищі ця вимога зумовлена специфікою військово-професійної діяльності, бо саме від лідера залежить ефективність динамічної конструкції внутрішньогрупової і міжгрупової взаємодії, спрямованої на досягнення цілей в оптимальні строки. Ключовим компонентом успішності цього процесу із забезпеченням повноцінної інклюзії має бути дотримання аспектів гендерної сенсibilізації, впровадження підходів гендерно-чутливого лідерства.

Поширення у секторі безпеки і оборони України зазначеної практики, сенс якої полягає у створенні належних умов для реалізації потенційних здатностей кожного військовослужбовця з огляду на особливості як психофізіологічні, так і соціокультурного контексту життя, складностей і неоднозначностей його внутрішнього світу, сприятиме особистій і командній відповідності міжнародним принципам військового лідерства.

Формування гендерно-чутливого лідерства у військових колективах передбачається у двох взаємообумовлених аспектах. По-перше, у контексті підготовки здобувачів до професійної діяльності, через впровадження інноваційних практик з формування правосвідомості, соціальних навичок, етичних норм тощо, де тісно переплітаються лідерські й гендерні компетентності. По-друге, створення середовища вільного від будь-яких проявів насильства, дискримінації та нетерпимості, з розвиненою гендерно-чутливою культурою, що особливо актуально через сучасні трансформаційні

процеси в країні. Водночас потрібно зауважити, що результативність цих аспектів безпосередньо залежить від відповідальності, компетенції та уникнення надмірного формалізму з боку командної ланки.

ASPECTS OF IMPROVING THE PHYSICAL TRAINING OF MILITARY PERSONNEL OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE TO PERFORM MODERN COMBAT MISSIONS

*V. Kirpenko, Candidate of Sciences in Physical Education and Sports, Associate Professor;
S. Belov; I. Danilishyn
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main known types of specialized physical training for military personnel are tactical-special and melee training. Related disciplines that expand its capabilities are tactical medicine, psychological and methodological training. The main task of which is to ensure special physical and psychological readiness of military personnel to perform combat missions.

To improve the physical training of military personnel of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of performing modern combat missions, it is necessary to use a highly intensive comprehensive program, the task of which is the development of endurance, which combines strength and aerobic exercises, various functional movements aimed at developing strength and speed endurance, and studying combat techniques for destruction.

It is advisable to improve the preparation process in the troops (forces) by optimizing early physical training, in conditions as close as possible to combat conditions, with the use of new sports (for example, – crossfit, rock climbing, skateboarding, frisbee), which are successfully practiced in leading countries of the world. And those that will help improve the functional state of the organism, restore the deficit of motor activity, relieve neuro-emotional stress, and maintain the mental and physical performance of military personnel while performing their assigned professional tasks.

To improve the aspects of physical training of military personnel of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of performing modern combat missions, it is proposed to train emotional resilience under the influence of physical exercises, which, due to their effect on the organism, modulate stressful situations and teach people to control their emotions (long-distance running, coordination exercises, orienteering, yoga exercises, etc.).

CHALLENGES AND STRATEGIES IN THE TREATMENT OF POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER

*A. Khudaverdova, Ph.D.; O. Popov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Protecting the territorial integrity of the state from invading forces, in the context of the russian-ukrainian war, military personnel involved in defensive and offensive missions regularly face psychotraumatic situations. Among them: shelling with the use of modern weapons, destruction of infrastructure, deaths of comrades-in-arms, loss of relatives, participation in evacuation missions, as well as prolonged exposure to high risk conditions caused by the conduct of hostilities, steadily lead to the development of post-traumatic stress disorder (PTSD).

There is an urgent need to introduce innovative approaches to the treatment of PTSD, as well as to create an improved system of social and psychological rehabilitation adapted to Ukrainian realities. Innovative methods of research and therapy of traumatic memories include a number of approaches, the main focus of which is on the role of the brain's endocannabinoid system, which plays a significant role in regulating the specificity of memories. Dysfunction of this system during stress can lead to the formation of generalized and nonspecific memories, contributing to anxiety in safe situations. For the rehabilitation of the military, group rational therapy methods, including "critical incident stress debriefing", which involves discussing the stress experienced and the technique of "closing the past" to reduce its effects, must be used.

Effective treatment of PTSD requires a comprehensive approach that includes both time-tested methods, such as pharmacotherapy and cognitive behavioral therapy, and the latest developments, such as the use of virtual reality to simulate traumatic situations, trauma-focused therapy to process the experience, and group rational therapy to support and share experiences. The use of the latest treatment methods will not only reduce psychological suffering, but will also help war veterans return to active life and successfully integrate into society.

THE INDIVIDUAL IN THE MODERN INFORMATION SPACE: FEATURES OF SELF-IDENTIFICATION

O. Danilyan¹, Doctor of Philosophical Sciences, Professor;

O. Dzeban², Doctor of Philosophical Sciences, Professor

¹Yaroslav Mudryi National Law University;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Today, the issues of theorizing and modern reproduction of cultural interconnections, as well as the comprehensive study of both global and private aspects of cultural development, are becoming increasingly relevant. This includes examining the role and place of the very subject of cultural transformations, particularly their identity.

This issue gains special significance due to the fact that, in a period of global changes within the information society, individuals inevitably find themselves in situations of contradictory processes and a resulting crisis of identity. This crisis often manifests in depression and apathy, unjustified cruelty, increased aggression, various forms of addiction, and more. These contemporary characteristics of civilization lead to the destruction of individuality and the loss of identity.

Under the influence of the growing informatization of all aspects of an individual's life, there is a shift in the value-based, moral, and spiritual components of a person's worldview. Traditional forms of communication are transforming, and the systemic connections between social subjects are becoming more complex. As a result, the problem of self-identification arises in a new way, presenting itself as a multifaceted philosophical phenomenon that determines the unique workings of self-awareness and enables individuals to define their identity and social-personal space.

In this regard, the influence of the information society on the transformation of new factors affecting personal self-identification in the new realities of cyberspace becomes particularly important. This is especially relevant to a person's awareness of the possibility of communication with others in the virtual space.

VIRTUAL REALITY AS A TOOL FOR PSYCHOLOGICAL SUPPORT SERVICE SPECIALISTS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

K. Yandola

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Virtual reality (VR) turns into an effective tool in the hands of specialists of the psychological support service of the Armed Forces personnel, opening up new opportunities for strengthening psychological stability, conducting psychological rehabilitation

As for the first direction, today the specialists of the psychological support service for the Armed Forces personnel are faced with the issue of developing VR scenarios. The educational film "The First Battle" was created directly for the Armed Forces, which should be used as a tool for the psychological training of servicemen.

Regarding psychological rehabilitation, VR technology allows for the creation of highly immersive environments that can be used to treat post-traumatic stress disorder (PTSD), anxiety, phobias and other psychological problems associated with military service.

Promising areas of VR application in military psychology are the treatment and prevention of PTSD, social rehabilitation, cognitive rehabilitation etc. VR training can help soldiers develop effective strategies for coping with stress and managing emotions. VR environments can be used to practice social skills and overcome isolation. VR games can be used to train attention, memory and other cognitive functions.

So, VR opens up new perspectives for specialists of the psychological support service for the personnel of the Armed Forces of Ukraine. This technology makes it possible to create individual therapeutic programs that help servicemen to psychologically toughen up, overcome the consequences of psychological trauma and return to a full-fledged life.

THE RELEVANCE OF FORMING A VALUE-BASED ATTITUDE TOWARDS THE FAMILY IN FUTURE OFFICERS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

T. Mosharenkova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The results of modern studies of the problem of increasing the level of stressors on humans in the twenty-first century indicate that among the four key areas of influence on the satisfaction of basic human needs – professional, social and health – the family is the first of the most important links in the functioning of the individual, which determines his or her social activity, professional adaptation, relationships with other people, etc.

In this context, the development of ways to form the values of family life in future officers of the Armed Forces of Ukraine as a factor in stabilizing interpersonal communication and interaction in the family sphere of a soldier is relevant and promising. After all, a well-established system of family relations significantly affects the improvement of the complex and stressful process of adaptation of servicemen to

the conditions of professionalization, improvement of professional competence and, most importantly, the successful fulfillment of the main purpose of protecting the Motherland (of protecting the country).

Given that the development of the essential qualities of a personality is not formed spontaneously, but is ensured through the solution of everyday tasks of life functioning in the conditions of educational and professional, educational activities, which mostly occur in adolescence, which is sensitive to the formation of a number of important personal formations, the formation of interpersonal skills and value attitudes towards the family in future officers of the Armed Forces of Ukraine should take place in the university environment through the implementation of appropriate programs and methods.

**EXPEDIENCY OF INTRODUCTION INTO THE PROGRAM
OF THE DISCIPLINE "COMBAT SYSTEM OF SURVIVAL
OF WARRIORS (INCLUDING TACTICAL MEDICINE)"
BASIC COURSE OF TACTICAL LEVEL L-1A QUESTIONS
ON CONDUCTING CARDIOPULMONARY RESUSCITATION**

I. Medinets; I. Sharapa

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Cardiopulmonary resuscitation (CPR) is an emergency medical complex procedure that is aimed at restoring the vital activity of the body and removing it from the state of clinical death. Quite often, the health and life of the victim depends on the timeliness and quality of medical care.

According to the World Health Organization, about 20% of those killed in peacetime accidents could have been saved if they had received first aid on time. Similarly, on the battlefield, a significant part of the wounded, requiring emergency medical care, die because of its untimely or inadequate. Moreover, the existing legislation in Ukraine provides for criminal liability for failure to provide assistance to a person in a life-threatening condition.

During martial law in a state, situations where CPR skills may be required can occur at any time anywhere. Therefore, the procedure for its conduct should be known to every person, especially the military. An acute issue arises regarding the provision of knowledge and training in cardiopulmonary resuscitation in units of military units, higher military educational institutions and training centers.

Previous training programs included practical training on the study of CPR with the appropriate material and technical support of the educational process with equipment samples (simulators, mannequins). The program of the discipline "Combat system of survival of warriors (including tactical medicine)" of the educational program of the course of professional military education "Basic course of tactical level of L-1A" does not provide for consideration of issues related to the study of the procedure for conducting CPR. As a result, the purchased material technical base has ceased to be used in the educational process, and cadets do not acquire important skills to save the lives of victims in peace and war.

Thus, the introduction of a tactical level of L-1A procedures for CPR in the Basic Course affects the increase in the level of knowledge and skills of a cadet in the field of tactical medicine, which in the future can save lives during combat missions or in peacetime.

SELF-APPRAISAL AS A FACTOR OF PSYCHOLOGICAL DURABILITY OF A MILITARY SERVICEMAN

*V. Kyslyi¹, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor;
D. Prykhodko², Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Kharkiv State Academy of Culture*

The theory of self-appraisal in psychology was first discussed by the American psychologist William James in 1890. He believed that self-appraisal can be of two kinds: complacency and self-dissatisfaction.

Among all the functions performed by self-appraisal, a number of researchers distinguish two main functions. These are regulatory – on the basis of which a decision for personal choice arises, and protective – it ensures the relative stability and independence of the individual.

Self-appraisal has a significant impact on a human behavior, activity, and communication and acts as a regulator for the above, also it determines a person's emotional attitude towards himself. Thus, researches convincingly prove that it can be interrelated with conflict behavior of the individual. The higher the level of self-appraisal, the more prone a person is to conflict behavior and rivalry in case of exiting the conflict. Conversely, low self-appraisal contributes to feeling of insecurity, inhibition of activity and underestimation of one's own capabilities, which can interfere with learning, self-affirmation, finding friends and achieving personal goals. Military personnel with low self-appraisal believe that almost everyone treats them unfairly, that they are not understood, and they focus more on their failures than on achievements, considering their success to be a fluke.

In order to reproduce adequate self-appraisal in military personnel, specialists of personnel psychological support structures should use methods and approaches that are aimed at actualizing psychological reserves through self-knowledge, self-regulation and self-organization of behavior by military personnel, which will contribute to increasing the effectiveness of activities in combat conditions.

REINTEGRATION CENTER FOR RELEASED UKRAINIAN ARMED FORCES PERSONNEL AS AN IMPORTANT STEP IN THE WORK OF PRESERVING THE MENTAL HEALTH OF DEFENDERS

*R. Zorkin¹; O. Plakysi¹; S. Rakytianskyi²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Military unit A4961*

On February 5, 2025, the sixty-first exchange of prisoners of war took place since the beginning of the full-scale invasion. During 2024, Ukraine conducted 11 exchanges and returned 1,358 Ukrainian prisoners, which is 356 people more than in 2023.

In the fall of 2024, the first healthcare institution in the Ministry of Defense system received the status of a Reintegration Center for military personnel released from captivity. The center already provides comprehensive medical, rehabilitation and psychological assistance to our heroes upon their return from captivity. The center also carries out reintegration activities and assistance in obtaining certificates and restoring documents. Currently, the center is designed for 100 places with the possibility of expansion due to rehabilitation beds. Civilian healthcare institutions are involved in providing the necessary medical examinations and assistance.

On March 15, 2024, the Cabinet of Ministers of Ukraine (CMU) adopted the "Procedure for conducting recovery (post-isolation, reintegration) measures, adaptation measures, support (accompaniment) of persons in respect of whom the fact of deprivation of personal liberty as a result of armed aggression against Ukraine has been established, after their release" (CMU resolution №296), developed at the initiative of the Coordination Headquarters.

Today, the Ministry of Defense of Ukraine is preparing proposals to amend this resolution. The path of a serviceman after release from captivity must be clearly defined – from the first medical examination to a full course of rehabilitation in the center and subsequent psychological recovery, including after release from military service.

THE ISSUE OF TRAINING NEWLY ARRIVED PERSONNEL BEFORE INVOLVEMENT IN COMBAT OPERATIONS

O. Hubarieva; O. Bospalko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

A separate issue of training newly arrived personnel before engaging in combat operations is to inform them. The content of information on the experience of combat operations is: the history of the unit to which they arrived, the tactical and intelligence situation in the region, the place of combat operations; information about the enemy's tactics, weapons, strengths and weaknesses, moral and psychological characteristics; information about the available civilian population; explanation of the most effective techniques and methods of fighting the enemy, examples of successful actions of the unit's units, heroic deeds and courage of servicemen; analysis and summarizing the results of the In order to orient the newly arrived personnel of the unit to perform future tasks, it is advisable to conduct additional practical exercises on certain types of weapons and military equipment, as well as conversations with combatants. Particular attention should be paid to tactical medicine, reviewing the experience of their troops in a particular area, explaining the most effective techniques and methods of fighting the enemy, courageous actions and resilience of servicemen – precisely as a way to save the lives of servicemen and combine this with the successful completion of a combat mission. Special attention should be paid to the fact that after intense combat work, the moral, psychological and physical stress of most servicemen increases, and to the ways to overcome this condition.

PSYCHOLOGICAL, PEDAGOGICAL, LEGAL AND SOCIAL PROBLEMS OF TRAINING MILITARY PROFESSIONALS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

K. Pyl; O. Khizhnyuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Military specialists play a significant contribution to maintaining national security, and their training should meet the current challenges of war. However, this process has a number of problems in the psycho-pedagogical, legal and social spheres.

Psychological and pedagogical problems are divided into the following main components: adaptation of educational programmes to the conditions of modern warfare, psychological resilience, leadership skills and psychological rehabilitation.

The military must have modern knowledge and skills for combat, possess resilience under psychological stress, effectively decide in high-risk scenarios, and demonstrate leadership qualities.

Legal issues include: compliance with international humanitarian law, war crimes issues, legal protection and mobilisation and contractual aspects. In this area, military professionals comply with regulations, know their legal obligations, consciously fulfil their obligations and strictly observe military discipline.

Social issues are divided into: reintegration of veterans, stigma and public perception, and social support for families. Military professionals should receive adequate social support and assistance.

Overall, the training of military professionals requires a comprehensive approach that takes into account not only practical competencies as well as mental preparedness training, pedagogical skills, legal literacy and social integration.

SPECIFIC ASPECTS OF THE PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL TRAINING OF MILITARY PROFESSIONALS

*A. Golota¹; M. Kozhushko¹; A. Demenko², Candidate of Philosophical Sciences
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²State Enterprise "Central Design Bureau "Proton"*

Cases of physical abuse, humiliation, extortion, and concealment of military discipline violations by some commanders may result from pre-military experiences, training gaps in higher military educational institutions, or influences during their development. Regardless of the cause, such behavior is unacceptable for a modern military professional, especially in combat, and requires thorough analysis.

The psychological and pedagogical training of future officers in higher military educational institutions is deficient in several key areas. Firstly, it lacks a preparatory stage in civilian education, and secondly, it provides insufficient instructional hours for mastering psychology, pedagogy, military leadership psychology, service ethics, psychological training, role-playing, and assessing subordinates' psychological readiness. The absence of these fundamental elements deprives future military leaders of the necessary competencies to oversee their subordinates' psychological well-being and resilience.

The psychological and pedagogical competencies of commanders are crucial, especially in combat, where close cooperation with deputies responsible for psychological support is essential. These deputies must operate effectively in combat training, morale reinforcement, psychological rehabilitation, and strategic communications, with the authority to escalate issues through the chain of command to ensure timely responses to negative developments in military units.

IMPLEMENTATION OF MODERN SYSTEMS IN THE STUDY OF GENERAL MILITARY DISCIPLINES

*R. Kushpeta¹; O. Kolmohorov¹; V. Pugach²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²Military Law Institute of the Yaroslav Mudryi National Law University*

Today, dominance is achieved through network-centric warfare, which aims to leverage battlefield superiority by enhancing situational awareness. This concept involves creating an information-communication network that integrates information

sources, command and control units, and strike capabilities. Therefore, modern technologies, which undergo continuous innovation and improvement while maintaining their relevance in military applications, should be extensively studied and incorporated into the educational process.

When discussing the overall battlefield situation, the concept of a military situational awareness system is widely recognized as a key component of technological superiority. One of the most critical elements in this domain is the Delta information-communication system, which plays a vital role in analysis, coordination, and command and control of forces and assets.

This system integrates intelligence sources, command structures, and strike capabilities, ensuring that commanders and staff receive accurate and comprehensive battlefield information in near real-time. As a result, the decision-making process is accelerated, the effectiveness of enemy force engagement is enhanced, and the survivability of friendly troops is improved.

Integrating the key services of this system into the educational process allows cadets to develop practical skills in:

- collecting, processing, and displaying information about enemy forces, coordinating friendly forces and assets, and maintaining situational awareness;
- coordinating actions with other units and ensuring secure information exchange.

WAYS TO IMPROVE THE PSYCHO-PEDAGOGICAL COMPETENCIES OF AIR FORCE OFFICERS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

O. Savchuk¹, Candidate of Psychological Sciences;

V. Pasichnyk², Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²National Academy of the National Guard of Ukraine

The psycho-pedagogical competence of an officer is an integral quality that combines professionalism and personal traits. It includes an individual component (the ability to perform mentoring functions effectively) and a substantive-operational component (knowledge, skills, and experience). Developing this competence involves enhancing knowledge in military psychology and pedagogy, applying this knowledge creatively, making well-grounded decisions, and employing psycho-pedagogical methods when working with subordinates to ensure the successful execution of combat missions. At the same time, an officer must combine the functions of a formal commander and an informal leader within the military unit.

In the context of the Russo-Ukrainian war, the insufficient professional training of some officers in personnel management further complicates the challenge of effective military unit management and reduces the effectiveness of combat missions. Such a deficiency necessitates the search for ways to improve the psycho-pedagogical competencies of officers, which have become particularly relevant in the current war conditions.

The report presents the results of developing methodological recommendations for enhancing the psycho-pedagogical competencies of officers of the Air Force units of the Armed Forces of Ukraine, considering the experience of the Russo-Ukrainian war. In particular, it defines the key psycho-pedagogical competencies relevant in the modern context, outlines ways to improve them, and provides a rationale for the structure and content of the methodological recommendations.

LEGAL BASIS OF INTERNATIONAL HUMANITARIAN LAW IN THE CONDUCT OF CONDUCT OF COMBAT OPERATIONS

*O. Neimyrok; V. Shcherbak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The system of principles and their classification are essential to the effectiveness of international humanitarian law (IHL). IHL principles are the legal basis on which specific rules are based. The content and purpose of a rule can only be understood with the relevant principle in mind.

The analysis of the system of IHL principles allows us to identify the following among the most important and significant:

1. The principle of humanisation of armed conflicts.
2. The principle of limiting the warring parties in the choice of means and methods of warfare.
3. The principle of not causing unnecessary suffering.
4. The principle of honesty and conscientiousness in the choice of means and methods of conducting military operations.
5. The principle of ecological safety.
6. The principle of distinguishing between combatants, non-combatants and protected persons.
7. The principle of respect for human rights.
8. The principle of protection of civilian population and objects, victims of war.
9. The principle of responsibility for violations of the norms and principles of IHL.

Knowledge and adherence to the norms of international humanitarian law when conducting combat operations is an integral part of a serviceman's legal culture. The Statute of Internal Service of the Armed Forces of Ukraine obliges servicemen to know and strictly observe international rules of engagement, treatment of the wounded, sick, shipwrecked and civilians in the area of hostilities, as well as prisoners of war.

TRAINING PROGRAM FOR CADETS OF THE UNIVERSITY OF DEFENSE OF THE ARMED FORCES OF THE CZECH REPUBLIC X-STREAM

*S. Homaniuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The X-STREAM model training program for cadets (students) has gained considerable popularity at the Defense University of the Armed Forces of the Czech Republic. It is designed to train commanders (managers, leaders, supervisors) to perform tasks in difficult external conditions and crisis management using the capabilities of an integrated approach and the relevant specifics of training. The purpose of this program is to identify individuals who meet certain requirements and are suitable for appointment as a commander or managerial leader.

The X-STREAM program consists of multi-level complex elementary and experimental model-courses, including the aspect of development and differentiation, the possibility of individual training of individuals or small groups, integrated development (especially physical, psychological, mental, social and situational, crisis project management), methods and disciplines of special physical

and special training, shooting, methods of individual and teamwork, decision-making methods, methods aimed at diagnostics and modeling. The time period for each module varies from 3 to 5 days. Based on the results of the students' participation in the program, each of them is given an individual conclusion.

The cadets (trainees) are expected to complete the program by performing planned activities and meeting certain conditions, namely: movement and orientation in the field 100-140 km, running 22-30 km, hand-to-hand combat 8 hours, climbing and overcoming obstacles 8 hours, first aid 3 hours, survival course 10 hours, military swimming 4.5 hours, psychological diagnostics 6.5 hours, diagnostics throughout the course, rest (sleep) 3-4 hours/day, minimum nutrition, development throughout the course, communication in English, Czech.

INTEGRATING ECOLOGICAL PROTECTION INTO MILITARY DOCTRINE: CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE DEFENSE

*A. Jabrayilov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Environmental security is increasingly recognized as a critical component of military operations, with sustainable defense practices becoming essential for long-term operational success and ecological resilience. This study explores strategies for integrating environmental protection into military operations, focusing on the reduction of environmental impacts, the management of natural resources, and the prevention of contamination in conflict zones. The research examines the adoption of eco-friendly technologies, green logistics, and sustainable military infrastructure as key strategies for minimizing the ecological footprint of defense activities. Special attention is given to the role of environmental risk assessments, pollution control measures, and the restoration of damaged ecosystems in post-conflict recovery. By analyzing case studies from modern military forces, the paper highlights successful approaches to achieving environmental security while maintaining operational effectiveness. The findings suggest that adopting sustainable defense practices not only enhances military readiness but also contributes to global efforts in environmental protection and climate resilience.

This thesis focuses on the intersection of environmental security and military operations, emphasizing sustainable defense practices without repeating prior themes.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal // Journal of Radiation Researches. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.
2. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri // Bakı : Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2022. – № 3. – C. 8.
3. Akhundov R., Nabizade Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification // Ecological and environmental chemistry. – 2017. – p. 141-141.
4. Akhundov R., Nabizade Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method // Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan. – 2017. – p. 113-114.
5. Axundov R., Abdullayev R.S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi // Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2023. – №. 1. – C. 9.

MECHANISMS FOR INTEGRATING ENVIRONMENTAL PROTECTION INTO MILITARY STRATEGIC PLANNING

*A. Jabrayilov; E. Hashimov, ScD, prof.; R. Akhundov, Ph.D.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

The integration of environmental protection mechanisms into strategic military planning is essential for ensuring the sustainability and resilience of military operations while minimizing environmental damage. This study explores the processes and mechanisms through which ecological considerations are incorporated into military strategy, emphasizing the role of environmental risk assessments, sustainable resource management, and pollution control within defense planning frameworks. The research examines the challenges faced by military organizations in balancing operational goals with environmental stewardship, particularly in conflict zones where ecological systems are most vulnerable. It also highlights the evolving role of technology in facilitating the integration of environmental protection into military strategies, such as the use of environmental monitoring systems and eco-friendly technologies. By analyzing case studies from various national armed forces, the paper identifies key strategies and best practices that have successfully incorporated ecological protection into military planning. The findings suggest that a more systematic approach to integrating environmental protection into strategic military planning will not only enhance operational effectiveness but also contribute to long-term sustainability and international environmental cooperation.

This thesis introduces the concept of ecological protection in military strategy and focuses on the mechanisms of its integration, without repeating prior themes.

References

1. Akhundov R.G., Mustafayev I.I. Radiation-initiated processes of activation of charcoal //Journal of Radiation Researches. – 2020. – T. 7. – № 1. – p. 27-34.
2. Axundov R.Q. Radiasiya və kimyəvi təhdidlərdən mühafizənin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri //Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2022. – № 3. – C. 8.
3. Akhundov R., Nabizade Z. Radiation-thermal activation of coal for water purification //Ecological and environmental chemistry. – 2017. – p. 141-141.
4. Akhundov R., Nabizadə Z. Production of high-efficiency carbon adsorbents for gas masks by radiation-chemical method //Natural disasters and human life safety International scientific-technical Conference. Baku, Azerbaijan. – 2017. – p. 113-114.
5. Axundov R., Abdullayev R.S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi // Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2023. – № 1. – C. 9.

ONLINE EDUCATION PLATFORMS IN HIGHER EDUCATION: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS

*A. Hasanov, Ph.D., prof.; E. Hashimov, ScD, prof.
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

This paper investigates the evolving role of online education platforms in higher education, offering a comprehensive analysis of their opportunities, limitations, and future development potential. The study demonstrates that such platforms promote flexible, self-paced, and personalized learning experiences, accommodating diverse student needs and learning styles. Tools like Learning Management Systems (LMS) are shown to enhance inclusivity and engagement by tailoring content delivery.

Furthermore, online education eliminates geographic and time barriers, thereby expanding access for non-traditional and working students.

However, the paper also identifies significant challenges: inadequate internet infrastructure, lack of access to digital devices, disparities in digital literacy among both students and educators, and motivational issues related to remote learning environments. These limitations, if unaddressed, may deepen existing educational inequalities. To mitigate these effects, the study proposes targeted strategies, including investments in digital infrastructure, faculty training programs, and comprehensive student support services.

In its forward-looking analysis, the paper explores the integration of emerging technologies such as artificial intelligence, adaptive learning systems, virtual and augmented reality, and hybrid learning models. These innovations are projected to enhance interactivity and learning outcomes. Overall, the paper offers strategic insights into how online platforms are transforming higher education and outlines steps needed to optimize their impact in the future.

References

1. Agayev S.O., Talibov A.M., Hashimov E.G. Modern pedagogical technologies in military education. Textbook. Part I. // – Baku : Military Publishing House, 2016, 152 p.
2. Piriyeв H.K., Hashimov E.G., Talibov A.M. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // Military knowledge, 2014, No. 4, p. 3-9.
3. Barrot, J.S., Llenares, I.I., & Del Rosario, L.S. (2021). Students' online learning challenges during the pandemic and how they cope with them : The case of the Philippines. Education and Information Technologies.
4. Burbules, N.C. (2018). How we use and are used by online technologies in education. Educational Theory, 68(2), 215-226.
5. Piriyeв H.K., Hashimov E.G., Hasanov A.H. Provide interactive training methods. Methodological materials // – Baku : Military publishing house, 2016, 33 p.

ENHANCING MILITARY EDUCATION THROUGH IT

Z. Mammadov

Heydar Aliyev Military Institute (Baku, Azerbaijan)

The integration of Information Technologies (IT) into military education has become a pivotal factor in enhancing the organization, planning, and execution of modern combat operations. This article explores the various applications of IT in military training, including simulation-based environments, virtual and augmented reality (VR/AR), robotics, e-learning platforms, and intelligent teaching systems. These technologies contribute to increased combat readiness, real-time decision-making, and cost-effective training methods. Virtual environments and 3D simulators allow cadets to practice combat scenarios in safe yet realistic conditions, minimizing risk and improving performance under pressure.

Additionally, IT supports secure communications, big data analysis, and hybrid warfare training, ensuring personnel are equipped for modern multi-domain operations. Artificial intelligence tools also enable personalized learning experiences by adapting training programs to individual needs. The study also discusses the ethical and cybersecurity considerations essential to the safe and responsible use of IT in military contexts.

The findings highlight that IT not only modernizes traditional military education but also fosters innovation, improves training efficiency, and enhances the strategic capabilities of armed forces. As hybrid warfare and technological complexity evolve, the continued integration of IT into military education will be crucial for preparing future officers for the realities of contemporary and future conflicts.

References

1. Piriye H.K. et al. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // *Military knowledge*, 2014, No. 4, p. 3-9.
2. Agayev S.O. et al. Modern pedagogical technologies in military education. Textbook. Part I. // – Baku : Military Publishing House, 2016, 152 p.
3. Piriye H.K. et al. Provide interactive training methods. Methodological materials // – Baku: Military publishing house, 2016, 33 p.
4. Piriye H.K. et al. Training methods in military education. Methodological materials // – Baku: Military publishing house, 2017, 52 p.

THE ROLE OF MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN ENHANCING EFFECTIVENESS AND STRATEGIC DECISION-MAKING

T. Cabbarova; R. Ibrahimov
National Defense University (Baku, Azerbaijan)

This paper examines the transformative role of modern educational technologies in military training, focusing on the integration of virtual simulations and online learning platforms. These technologies have redefined traditional military instruction by creating immersive, flexible, and data-driven learning environments. Virtual simulations provide realistic and risk-free scenarios where military personnel can practice tactics, enhance decision-making skills, and adapt to complex operational conditions, ultimately improving knowledge retention and strategic thinking.

Online learning platforms complement this approach by enabling personalized, self-paced education accessible anytime and anywhere – especially valuable in geographically dispersed or high-tempo operational settings. The adoption of blended learning, which combines conventional teaching with digital delivery, increases training efficiency and learner engagement.

Additionally, educational technologies support advanced strategic planning through real-time data analysis, scenario modeling, and predictive decision-making tools. These capabilities empower military leaders to better assess risks, plan operations, and coordinate effectively. Collaborative features within online platforms also promote teamwork, shared problem-solving, and communication across units.

In conclusion, the integration of modern educational technologies into military training systems significantly enhances operational readiness and strategic competence. As military environments grow increasingly complex, these innovations will continue to play a critical role in developing agile, informed, and mission-ready forces.

References

1. Piriye H.K. et al. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // *Military knowledge*, 2014, No. 4, p. 3-9.
2. Agayev S.O. et al. Modern pedagogical technologies in military education. Textbook. Part I. // – Baku: Military Publishing House, 2016, 152 p.

3. Piriyeв Н.К., Hashimov E.G., Hasanov A.H. Provide interactive training methods. Methodological materials // – Baku: Military publishing house, 2016, 33 p.

4. Piriyeв Н.К., Hamidov M.P., Hashimov E.G. Training methods in military education. Methodological materials // – Baku: Military publishing house, 2017, 52 p.

УРАХУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ У ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ МОТОРНИХ НАВИЧОК ОПЕРАТОРА БПЛА

О.П. Чорний, д.т.н., проф.; Л.В. Герасименко, д.пед.н., проф.

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського

В основу дослідження формування моторних навичок людини-оператора авторами покладена гіпотеза, що урахування психологічних особливостей покращує процес формування моторних навичок людини-оператора.

Емпіричне дослідження було проведене в два етапи: визначення психологічних характеристик та оцінка моторних функцій через відпрацювання різних траєкторій руху на симуляторі. При проведенні експерименту було визначено, яким чином психомоторні показники впливають на результат точності виконання поставленої задачі і виявлено особливості керування тренажером БПЛА на тестових траєкторіях руху дронів.

Аналіз даних проведеного експерименту дозволив встановити, що найбільший вплив на якість виконання, має сила нервової системи людини-оператора. На основі побудови математичних моделей встановлено, що респонденти меланхолічного і флегматичного типу темпераменту досягають свого пікового розвитку моторної навички через вісім занять і далі не додають у власній майстерності. Найуспішніші під час проведення тренувальних вправ – досліджувані сангвіністичного типу, середньої сили нервової системи. Вони активно прогресують, постійно вдосконалюючи свою навичку, досягаючи високої точності виконання завдань. Зважаючи на отримані дані, урахування психологічних особливостей дозволить визначити оптимальний час для підготовки та вибрати ефективну навчальну траєкторію підготовки операторів дронів.

ВИКОРИСТАННЯ VR ТА AR - ТРЕНАЖЕРІВ У ПІДГОТОВЦІ ВІЙСЬКОВИХ

О.О. Лаврут, д.т.н., проф.; Т.В. Лаврут, к.геогр.н., ст.д.;

В.О. Колесник; М.О. Платонов, к.хім.н., ст.д.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Навички і вміння сучасного військовослужбовця мають бути максимально прикладними та практичними, а програми і методики військової підготовки – гнучкими та інноваційними в технологічному плані.

Одним з варіантів вирішення цього питання є використання інноваційних тренажерів, що дозволяють максимально наблизити умови тренувань до реальних бойових ситуацій.

Сьогодні серед ключових напрямів застосування новітніх технологій у підготовці військових фахівців за стандартами НАТО є:

віртуальна (virtual reality, VR) і доповнена (augmented reality, AR) реальність;

дрони та безпілотні системи;
штучний інтелект та аналітичні системи;
кібербезпека та кібероброна;
комунікаційні та супутникові системи.

Тренажери, навчальні пристрої для практичного формування, вдосконалення та контролю професійних навичок діляться на два типи – віртуальні (virtual reality, VR або augmented reality, AR) та фізичні.

У вузькому розумінні VR-тренажери за допомогою комп'ютерних систем та технологій дозволяють створити ілюзію дійсності, що в свою чергу, дозволяє: зануритись у обстановку, наближену до бойової; відпрацьовувати дії до тих пір, поки не буде досягнуто бажаного результату; виконувати всі дії в безпечному середовищі і тим самим підвищити рівень пізнавальної активності тих, хто навчається.

ПРАКТИКА ПРОФЕСІЙНОГО ЧИТАННЯ ПІЛОТІВ І РОЗВИТОК ЇХ КОГНІТИВНОЇ ВПРАВНОСТІ

С.П. Шумовецька, д.пед.н., проф.

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Б. Хмельницького*

На сьогодні нагальним пріоритетом військової освіти має бути переорієнтація на формування у майбутніх офіцерів знань і здібностей, необхідних у нових умовах ведення бойових дій. Так як насамперед мають значення здатність швидко опрацьовувати інформацію, розвинені аналітичні здібності та ситуаційна обізнаність, то, відповідно, і результатом навчання має бути ефективність і здатність офіцера швидко і належно виконувати складні завдання.

З огляду на це доцільно врахувати досвід військових навчальних закладів США, які пропонують у професійній освіті зосереджуватися на розвитку практичного інтелекту майбутніх офіцерів та підготовці їх до виконання завдань вищих рівнів когнітивної складності. Орієнтуючись на необхідність розвитку гнучкості та масштабності мислення, у військовій освіті США широко використовують потенціал професійного читання. Передбачено, що різні категорії військовослужбовців повинні за рік прочитати декілька книг зі списків для професійного читання, який їм пропонують як сержанти, так і керівники Повітряних та Космічних сил. В Академії Повітряних сил США, штат Колорадо (United States Air Force Academy), де готують курсантів для Повітряних та Космічних сил США, списки для професійного читання охоплюють літературу з історії повітряних сил та повітряних воєн, стандарти повітряних сил, специфіки професійного життя пілотів, шляхів створення сильної команди. Особливу увагу приділено літературі, що стосується різних аспектів розвитку професійного мислення.

В Україні подібна практика сьогодні не лише вкрай бажана, але й можлива. Українські видавництва пропонують низку важливих книг, які можна використовувати як для самостійного опрацювання, так і для підготовки повідомлень, дослідницьких завдань та окремих проєктів. Вони також можуть бути основою для роботи книжкових клубів, дискусійних груп й інших заходів професійного розвитку. Йдеться насамперед про такі важливі для льотчиків книги, як “Мислення швидке й повільне” Д. Канемана, “Мислення розвідника. Як припинити обманювати себе й побачити найкраще рішення” Д. Галеф, “6

навичок стратегічного мислення. Як спрямувати свою організацію в майбутнє” М. Воткінса, “Досконалість керівника: шість способів мислення, які відрізняють найкращих лідерів від решти” К. Дьюара, С. Келлера, В. Малгорта. Особливо корисною українським офіцерам буде книга “Чітке мислення. Мистецтво приймати складні рішення від пілота стелс-винищувача” Г. Лі, який присвятив 17 років військовій авіації. Автор ділиться бойовим досвідом, учить стійкості в екстремальних умовах. Це книга про мислення, яке забезпечує ефективність на висоті 15 тисяч метрів і швидкості понад 1500 кілометрів на годину: про прийняття рішень в умовах обмеженої інформації та інтенсивних навантажень, про принципи успішності операцій, про оцінювання та аналіз своїх дій.

Подібні книги, що стосуються розвитку розумових процесів, незамінні для відпрацювання у майбутніх пілотів здатності уникати мисленнєвих пасток, орієнтуватись у ситуації і приймати рішення на основі продуманої реакції замість імпульсивності, загалом для підвищення у них когнітивної вправності. Отже, практика професійного читання допоможе оптимізувати систему професійної підготовки, формувати лідерів, здатних мислити стратегічно, ефективно діяти тактично, готових до виконання завдань вищих рівнів когнітивної складності. Підхід, що апелює до практики професійного читання, є єдиною можливою відповіддю на виклики сучасного світу, допомагає розвивати в майбутніх пілотів широту пізнавальних інтересів, загалом формувати їх як інтелектуальну військову еліту.

VR-ТРЕНАЖЕР РОБОТИ ОПЕРАТОРА РЕБ-РУШНИЦІ

О.О. Лаврут, д.т.н., проф.; Т.В. Лаврут, к.геогр.н., ст.д.;

В.І. Заболотнюк, к.іст.н., ст.д.; В.В. Шармін

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

За час повномасштабної війни в Україні став популярним термін Military-tech – дрони, симулятори, штучний інтелект, роботи та мультикоптери, які сьогодні відіграють дуже важливу роль на війні. Саме тому Постановою Кабінету Міністрів України від 5 липня 2024 р. № 787 “Про деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня” розроблення та впровадження технологій віртуальної реальності (VR) в освітній процес визначено одним з пріоритетних.

В Національній академії сухопутних військ разом з представниками ІТ компанія TSUKAT було розроблено VR-тренажер роботи оператора РЕБ-рушниць. Програма включає 24 сценарії гри-тренування, де той, хто навчається, має відпрацювати алгоритм роботи оператора РЕБ-рушниць.

Перевагою цієї розробки є наступне:

програмний продукт створений вітчизняним виробником;

працює автономно без підключення до інтернету;

під час роботи оператор РЕБ-рушниць може бачити на екрані, як у в 3D середовищі розповсюджуються радіомагнітні хвилі та змінювати їх поляризацію;

зображення, яке бачить оператор у VR-окулярах, виводиться на екран, що дозволяє спостерігати за роботою оператора ззовні іншим учасникам навчального процесу.

Застосування навчального VR-тренажера засвідчили його цікавість, креативність, навчальну та економічну доцільність.

ПРОБЛЕМИ ВИВЧЕННЯ ПИТАНЬ ЗАПОБІГАННЯ КОРУПЦІЇ ТА ВИХОВАННЯ ДОБРОЧЕСНОСТІ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Л.Г. Ніколайчук, к.т.н., доц.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Сьогодні гостро стоїть питання доцільності вивчення та актуальності певних дисциплін у програмах курсантів та студентів, що навчаються за програмою офіцерів запасу. Практична складова у плані навчання є основою успішної підготовки. Але ж не можна забувати і про психолого-педагогічні, правові та соціальні проблеми підготовки військових професіоналів в умовах сьогоднішньої війни.

Проблема корупції в Україні є однією з найважливіших, тому що гальмує вступ нашої країни до Європейського Союзу та Північно-Атлантичного Альянсу. В цивільних ЗВО дисципліна з вивчення запобігання корупції стала обов'язковою. А у ВВНЗ вона викладається у курсантів обсягом 2 аудиторні години, у студентів разом з вихованням доброчесності – після 5 років викладання в обсязі 14 аудиторних, дисципліна скорочена до 2-х годин.

Отже, деякі рішення щодо скорочення годин на вивчення дисциплін приймаються без розуміння того, що у майбутніх офіцерів, військових професіоналів має в потрібному обсязі виховуватися неприйняття корупції за Кодексом доброчесності військовослужбовця. За 2 години неможливо вивчити дефініції, нормативно-правові акти, систему запобігання корупції на міжнародному, українському та рівні сектору оборони, антикорупційні стратегії, зокрема такі важливі аспекти, як конфлікт інтересів, адміністративна та кримінальна відповідальність за корупційні правопорушення, а також вивчити основи професійної етики. Відтак є потреба збільшити курсантам аудиторні години з антикорупційного законодавства, а студентам повернути попередній обсяг годин.

ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ДО ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Т.В. Грубі, к.с.н., доц.; В.Ч. Купчишина, к.п.н., доц.

Національна академія Державної прикордонної служби України

Виклики сьогодення, які детермінує перед нашою державою соціально-політична ситуація розширюють спектри вимог до професійної підготовки військовослужбовців. Формуючи модель офіцера, важливо, на наш погляд, враховувати такі складові особистості як: професійну спрямованість, професійну компетентність, професійно важливі якості та значущі психофізіологічні властивості.

Професійна спрямованість військовослужбовця визначається системою його моральних цінностей, самореалізацією, саморозвитком. Вона формується з базових (знання, чесність, надійність, психологічна стійкість, особистісна й професійна поведінка, результативність, комунікативність, тощо) та функціональних компетенцій (набір складових професійної діяльності). В свою чергу, психологічна стійкість визначається домінуванням таких якостей як: наполегливість, принциповість, непохитність, уміння приймати рішення в екстремальних ситуаціях, нести відповідальність за наслідки власних вчинків та дії своїх підлеглих.

Відзначимо, що професійна компетентність, як загальна, так і спеціальна, визначається в основному через формування таких професійно важливих якостей як: пам'ять, логічне та творче мислення, рефлексія, організованість, зібраність, наполегливість, пунктуальність, акуратність, емоційна стійкість, допитливість, увага, рішучість. Розвиток перерахованих вище якостей у сполученні зі стійкою системою моральних цінностей є основою формування компонентів, необхідних для оволодіння будь-якою професією.

Серед переліку найбільш важливих психофізіологічних властивостей особистості військовослужбовця, можемо віднести: гнучкість (пластичність), здатність корегувати власну діяльність, у відповідності до вимог та обставин ситуації, абстрагування, яке передбачає уміння швидко та успішно узагальнювати конкретні факти, образи в процесі мислення та рефлексія – уміння довго утримувати в пам'яті інформацію, щоразу переосмислювати її повному, ретельно продумувати власні дії, тощо. Щодо спеціальних психофізіологічних властивостей, що є базисними для майбутніх офіцерів, відзначимо: вербалізація (легкість мови, уміння чітко передавати словами зведення про ті чи інші події), емоційна стабільність, швидка пристосованість до різних умов, адекватна оцінка особистої або службової ситуації, тощо.

Базисною складовою підготовки військовослужбовців є їх мотиваційна готовність до професійної діяльності. Останню, науковці визначають як: складне індивідуально-психологічне утворення, що поєднує усвідомлення особистістю значущості майбутньої професійної діяльності, що детермінується розвитком професійно значущих якостей і цінностей та наявністю у свідомості особистості образу своєї професії, власної професійної поведінки.

Серед інших змістових характеристик мотиваційної готовності до професійної діяльності, науковці визначають: комплекс особистісно-професійних особливостей (емоційна стійкість, позитивне ставлення до діяльності), спрямованості на сферу діяльності і рівні професійної освіти, ціннісно-сміслових і життєвих орієнтацій; вияв інтересу до новизни, бажання займатися інноваціями у діяльності, переживання позитивних емоційних станів, які викликані інноваціями, прагнення оцінити свій професійний і особистісний досвід із позиції інновацій; позитивне ставлення, інтерес суб'єкта до своєї професії, орієнтація на мотиви та цінності обраної професійної діяльності, потреба в ній, а також потреба в досягненнях і самовдосконаленні.

Мотивація до будь-якої військової діяльності має свою специфіку та формується через низку різноманітних соціально-психологічних обставин і, в свою чергу, визначає весь комплекс як позитивних, так і негативних чинників службової та професійної діяльності.

На думку більшості науковців, саме мотиваційний компонент є тією детермінантою, що поєднує внутрішні та зовнішні фактори, а отже, виступає як базисний. Саме тому, активізація мотиваційного компонента може прискорити формування психологічної готовності військовослужбовців до служби.

Отже, мотивацію можна визначити, як сукупність причин психологічного характеру, що пояснюють поведінку військовослужбовця, його спрямованість і активність. Визначальним у цих процесах є мотиваційно-спонукальний зміст свідомості, що сприймається як безпосередній і найближчий очікуваний результат діяльності. Мотивація діяльності у перебігу її розвитку постійно оновлюється, адже в процесі службової діяльності можуть виникнути інші важливі мотиви, а ті мотиви, що були для нього значимими можуть стати другорядними.

ПРОЄКТ “АНГЛІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОГО СЛОВНИКА-МІНІМУМУ ТЕРМІНІВ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ТАНКІВ”

*Б.І. Шуневич, д.пед.н., проф.; І.В. Баркатов, доц.; В.О. Тюрін
Військовий інститут танкових військ Національного технічного
університету “Харківський політехнічний інститут”*

У зв'язку з переходом Збройних Сил України (далі ЗС України) на стандарти НАТО виникла потреба освоєння закордонного озброєння, перекладу відповідної документації українською мовою, в тому числі для танків Леопард 2А4 та іншого озброєння для військ ЗС України.

Мета – поділитися досвідом укладання короткого словника термінів для екіпажів танків Т-72, Т-64, Леопард 2А4, описати процес відбору матеріалів для виявлення необхідних термінів, роль експертів з числа відомих спеціалістів у цій галузі знань для консультацій під час створення словника, описати основні труднощі перекладу англійських термінів українською мовою.

Джерелом інформації для створення словника стала доступна військова література з цієї тематики, участь у проведенні міжнародних конференцій на військову тематику в Україні та за кордоном, консультації з українськими військовими перекладачами, спеціалістами українських організацій, які погодились бути експертами при узгодженні перекладів термінів українською мовою стосовно різних вузлів і деталей танків.

На основі опрацьованих матеріалів, нами укладені глосарії англійських термінів, окремо на базі танків Т-72, Т-64 і Леопард 2А4. Українські їх еквіваленти узгоджені з експертами, що дало можливість приступити до укладання словника-мінімуму (близько 1000 л.о.) на основі трьох згаданих вище глосаріїв.

У додатках до словника є списки абrevіатур і скорочень англійських термінів, номенклатурних назв з поясненнями англійською мовою і перекладом для танків Леопард 2А4, а також списком термінологічних фраз для танків Т-72, Т-64 з перекладом.

НАЦІОНАЛЬНО-ПАТРІОТИЧНЕ ВИХОВАННЯ ДЛЯ ОСВІТНЬО- ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

*Ю.І. Пушкар'ов¹, к.військ.н., доц.; П.Є. Трофименко², к.військ.н., проф.;
П.І. Гайда², к.військ.н., с.н.с.; Ю.М. Майборода¹
¹Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії;
²Сумський державний університет*

У нинішніх складних і важких для українського народу ситуаціях і водночас перспективах розвитку пріоритетним завданням суспільного поступу є визначення нової стратегії виховання. Тому освітній процес у ЗВО повинен бути пронизаний ідеями, напрямками, тенденціями, духом нескореності і національної гордості його покоління майбутніх військовослужбовців.

Мета розвитку – загострити увагу на важливості національно-патріотичного виховання у ЗВО військового профілю в умовах сучасності.

Патріотичне виховання молоді в цих умовах визнано пріоритетним напрямом у сучасній освітньо-професійній підготовці, що постає як комплексна і цілеспрямована діяльність органів державної влади, освітніх

закладів, громадських організацій, сім'ї щодо формування у молодого покоління високої патріотичної свідомості, почуття вірності, любові до Батьківщини, турботи про благо свого народу, готовності до виконання громадянського і конституційного обов'язку із захисту національних інтересів, цілісності, незалежності України, сприяння становленню її як правової, демократичної, соціальної держави.

Висновки: патріотичне виховання передбачає утвердження у свідомості молоді високих ідеалів відданості своєму народові, шанування національно-культурних цінностей. Разом це все покликано сформулювати національно свідому особистість захисника – патріота Української Держави.

ПРОПОЗИЦІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНО-ВИПРОБУВАЛЬНОГО СКЛАДУ

*М.С. Погасій; О.Г. Матюценко, Ph.D.; Ю.В. Резніков, к.т.н.; А.М. Лернатович
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

У сучасних умовах, зокрема в контексті війни в Україні, якісна підготовка інженера-випробувача озброєння та військової техніки (ОВТ) має критично важливе значення для забезпечення обороноздатності країни. Темпи ведення війни та створення (модернізація) зразків ОВТ вимагають якісного та швидкого випробовування, адже від їх надійності та ефективності залежить успішне виконання бойових завдань та життя особового складу.

В роботі проведено критичний аналіз системи підготовки інженерів-випробувачів ОВТ, визначені недоліки, частина яких пов'язана із відсутністю контролю рівня знань. З метою удосконалення системи підготовки інженерів-випробувачів ОВТ запропоновано інтегрувати підхід, що базується на оцінці знань та компетенцій інженера-випробувача.

Оцінка компетенцій має здійснюватися на трьох етапах: початковому етапі – при прийнятті (офіцера) працівника на посаду інженера-випробувача, після навчання на курсах підготовки інженерно-випробувального складу та кожен рік, з метою визначення рівня компетенції інженера-випробувача протягом кар'єри.

В роботі проведено опис компетенцій інженера-випробувача та визначені значення вагових коефіцієнтів, які будуть змінюватися відповідно до пріоритетності компетенцій на кожному етапі.

Такий підхід дозволяє оцінювати динаміку розвитку інженера-випробувача та визначати напрями для подальшого вдосконалення.

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНТЕГРАЦІЇ АНГЛОМОВНОГО КОМПОНЕНТА У ВИКЛАДАННІ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН ДЛЯ КУРСАНТІВ ВВНЗ

*Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доц.; Н.М. Гузик, к.ф.-м.н., доц.;
Х.І. Ліщинська, к.т.н., проф.*

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

В умовах глобалізації та інтеграції України у міжнародний науковий простір, володіння англійською мовою є критично важливим для майбутніх військових фахівців. Курсанти військових вищих навчальних закладів (ВВНЗ)

потребують не лише ґрунтовних знань з профільних дисциплін, але й вільного володіння англійською мовою для обміну досвідом, участі у міжнародних проєктах та ознайомлення з новітніми науковими розробками. Традиційні методи навчання часто виявляються недостатньо ефективними для досягнення цієї мети, тому виникає необхідність у пошуку інноваційних підходів, таких як гейміфікація.

Гейміфікація передбачає використання ігрових елементів та механік у неігровому контексті для підвищення мотивації, залучення та ефективності навчання. У контексті викладання природничих дисциплін англійською мовою, гейміфікація може включати ігрові завдання та квести, конкурси та змагання, рольові ігри та симуляції, накопичення балів та нагород, використання онлайн-платформ та мобільних додатків.

Використання прийомів гейміфікації є перспективним напрямом підвищення ефективності вивчення англійської мови курсантами ВНЗ. Гейміфікація сприяє підвищенню мотивації, залучення та активності курсантів у навчальному процесі, формуванню їх англійської компетентності у сфері природничих наук, а також розвитку критичного мислення, креативності та навичок співпраці.

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ В ІЗОЛЯЦІЇ

Л.А. Кіщук, д.філос.

Національний університет оборони України

У сучасних умовах підвищеної уваги до психічного стану військовослужбовців набуває актуальності питання психофізіологічних якостей під час перебування в ізоляції. Вивчення цього феномену потребує міждисциплінарного підходу, що охоплює психологічні та фізичні аспекти, враховуючи особливості військової служби та вплив умов ізоляції на особистісну адаптацію та загальну працездатність особистості.

Ізоляція, яка може виникати як у формі перебування в умовах закритих приміщень, так і через операційну специфіку, створює низку стресових факторів, що впливають на психофізіологічну систему військовослужбовця. У першу чергу це впливає на емоційну адаптацію. Відсутність соціальних контактів, знижена стимуляція навколишнього середовища та рутинність повсякденної діяльності підвищують рівень тривожності військовослужбовця, роблячи його більш схильним до депресивних проявів. Психологічний тиск разом із цим, через відчуття обмеженості просторового та соціального середовища, призводить до порушення функції контролю емоцій і, як наслідок, впливає на когнітивні процеси, зокрема на здатність утримувати увагу та приймати швидкі рішення.

З фізіологічної сторони ізоляція провокує зміни в роботі вегетативної нервової системи. Наслідками дії стресових факторів, які обумовлені тривалою ізоляцією, є негативний вплив на роботу серцево-судинної системи, ймовірно підвищення рівня адреналіну і кортизолу, порушення гомеостатичних механізмів регуляції метаболічних процесів. Тривала гіподинамія, яка зазвичай буває в період ізоляції, захворювання до зниження основних фізичних якостей, зміни гормональної системи, порушення ендокринної системи. Це впливає на загальний рівень життєдіяльності та адаптаційні можливості військовослужбовців.

Психологічні та фізіологічні взаємодії слід розглядати в рамках аналізу психофізіологічних особливостей. Психологічний стрес, що виникає в умовах ізоляції, не є самостійним атрибутом і виступає стимулом низки реакцій у центральній нервовій системі для регуляції балансу гормонів. Наприклад, хронічний стрес приводить до порушення у функціонуванні гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі, що призводить до пригнічення циркадних ритмів, зміни настрою та когнітивних функцій. Ці процеси можуть виражатися як зниження адаптаційного ресурсу, так і в підвищеній вразливості до розвитку психопатологічних станів.

Ізоляція впливає також на соціальний компонент психофізіологічної адаптації військовослужбовців. Відсутність регулярного міжособистісного спілкування позначається не лише на емоційній сфері, але й на здатності до ефективної взаємодії в команді, що є невід'ємною складовою успішного виконання службових завдань. Таке порушення соціальної взаємодії є каталізатором для формування відчуття відчуженості, ізоляції від групи та формування негативних установок, що впливають на загальну мотивацію та рівень психологічної стійкості.

Загалом, щоб повноцінно оцінити психофізіологічні особливості військовослужбовців в умовах ізоляції, необхідно враховувати всі аспекти, що стосуються як особистісних особливостей (минулий досвід перебування у стресових подіях, стан психічного здоров'я), так і зовнішніх складових (умови військової служби, вид ізоляції, якість організації психологічної допомоги). Такий підхід допомагає сформувати ефективні схеми реабілітації та мінімізувати шкідливі наслідки ізоляції.

Таким чином, глибоке знання психофізіологічних трансформацій, що відбуваються в умовах ізоляції, є ключовим для розробки науково обґрунтованих методів корекції та адаптації зменшення згубного впливу ізоляції на виконання професійних обов'язків військовослужбовцями.

ПОЄДНАННЯ ТЕОРІЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ: ДОСВІД РОЗРОБКИ КУРСУ “LEOPARD 2A4”

*І.В. Баркатов, доц.; Г.В. Бондарев, доц.; В.О. Тюрін
Військовий інститут танкових військ Національного технічного
університету “Харківський політехнічний інститут”*

Комплексний віртуально-практичний курс “Leopard 2A4” поєднує технології H5P, сферичні панорами та мікроуроки для ефективного дистанційного навчання танкістів.

Використання програмного комплексу XR Leo 2 у навчальному курсі “Leopard 2A4” дозволяє створити інтерактивне середовище для відпрацювання теоретичних знань. Структура курсу передбачає послідовне вивчення загальної будови танка через візуалізацію навчального матеріалу за допомогою сферичних панорам та технології H5P.

Мікроуроки курсу “Leopard 2A4” забезпечують покрокове освоєння матеріалу, що сприяє кращому засвоєнню інформації та інтеграції з програмним комплексом XR Leo 2. Поєднання дистанційного навчання з технологіями віртуальної реальності дозволяє танкістам ефективно опанувати матеріал без фізичного доступу до бойової машини.

Дистанційний курс “Leopard 2A4” забезпечує комплексний підхід до навчання, використовуючи інтерактивні тести, 3D-візуалізації та віртуальні тренажери.

Інтеграція технологій H5P, сферичних панорам і XR Leo 2 у дистанційне навчання сприяє покращенню підготовки військових фахівців. Сучасні цифрові технології в курсі “Leopard 2A4” дозволяють створити ефективне навчальне середовище з високим рівнем візуалізації та інтерактивності.

Дистанційний курс “Leopard 2A4” є важливим етапом цифрової трансформації військової освіти, поєднуючи теоретичну підготовку з віртуальним моделюванням. Він дозволяє курсантам закріплювати теоретичні знання через симуляції та практичні завдання у віртуальному просторі.

РОЛЬ ГУМОРУ У СТВОРЕННІ ПОЗИТИВНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ КУРСАНТІВ ВВНЗ НА ЗАНЯТТЯХ З ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

Н.Б. Сокульська¹, к.ф.-м.н., доц.; В.Ф. Кмін¹; В.О. Кмін

¹Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного¹;

²Національний університет водного господарства та природокористування²

У сучасних умовах навчання у військових вищих навчальних закладах (ВВНЗ) курсанти зазнають значного навчального навантаження, що часто супроводжується стресом та напругою. Створення позитивного навчального середовища є ключовим фактором успішного навчання, особливо у сфері природничих дисциплін, які потребують високої концентрації уваги, аналітичного мислення та креативності. Гумор, як важливий елемент міжособистісного спілкування, відіграє значну роль у створенні сприятливої атмосфери на заняттях, сприяючи зниженню рівня стресу, покращенню емоційного стану та підвищенню мотивації до навчання.

Гумор у навчальному процесі може проявлятися у різних формах таких як тематичні жарти та анекдоти, гумористичні ілюстрації та карикатури, завдання та вправи, створення гумористичних ситуацій на заняттях.

Він є ефективним засобом створення позитивного навчального середовища для курсантів ВВНЗ на заняттях. Він сприяє зниженню рівня стресу та напруги, покращенню емоційного стану курсантів, підвищенню їх мотивації до навчання та активізації пізнавальної діяльності. Результати дослідження можуть бути використані для розробки практичних рекомендацій щодо застосування гумористичних елементів у навчальному процесі ВВНЗ з метою підвищення ефективності навчання та покращення психологічного клімату на заняттях.

СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВІРТУАЛЬНО-ПРАКТИЧНОГО КУРСУ “LEOPARD 2A4” ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ТАНКІСТІВ

Г.В. Бондарев, доц.; І.В. Баркатов, доц.; В.О. Тюрін

*Військовий інститут танкових військ Національного технічного
університету “Харківський політехнічний інститут”*

Як допоміжний елемент при вивченні загальної будови танку Леопард 2A4 науковці інституту створили та успішно апробували комплексний віртуально-практичний курс “Leopard 2A4.”. Мета курсу – відпрацювання теоретичної

складової підготовки танкістів у поєднанні з використанням програмного комплексу XR Leo 2.

Випускники факультету Озброєння та військової техніки в кількості 59 курсантів успішно пройшли курс з вивчення загальної будови танку Леопард 2А4 з використанням XR Leo 2. Зараз більшість з них приймає безпосередню участь у бойових діях.

Використання даного курсу по напрямку технічного обслуговування танків надає курсантам унікальні можливості для детального вивчення внутрішнього обладнання, функціонування основних вузлів та агрегатів танка.

Керівники занять можуть налаштувати симуляцію відповідно до навчальної програми або вимог конкретних технічних завдань.

Дана програма, в поєднанні з розробленою нами методикою значно пришвидшує процес вивчення техніки і ми намагаємося постійно збільшувати кількість сценаріїв, закладених в програму у відповідності до навчальних планів підготовки курсантів інституту та військовослужбовців, які навчаються в навчальних центрах.

Зараз створюється можливість оцінки якості засвоєння курсантами пройденого сценарію, а також автоматичної передачі інформації про результати навчання в систему управління навчанням Moodle. На сьогоднішній день, у співпраці з норвезькими партнерами, у нас є клас обладнаний 20-ма комплектами Meta quest-3 з програмою XR Leo 2 та 20 додатковими акумуляторами до них.

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

*О.В. Львіна, к.юр.н.; Д.О. Гаврилов; Д.Т. Шевченко
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Цифрові технології стають ключовим елементом безпеки польотів, забезпечуючи своєчасне виявлення ризиків, покращення ефективності обслуговування авіаційної техніки та підвищення рівня підготовки персоналу. Проте ефективна реалізація цих технологій вимагає розробки та адаптації нормативно-правової бази.

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) та аналізу великих даних (Big Data) у безпеку польотів потребує нормативно-правового регулювання для забезпечення точності аналізу, відповідності етичним стандартам та гарантій кібербезпеки.

Запровадження ШІ та Big Data у сфері безпеки польотів вимагає сертифікації алгоритмів, правового регулювання конфіденційності даних, забезпечення кібербезпеки та дотримання етичних принципів. Україна має адаптувати міжнародні вимоги ICAO, EASA та FAA до національного законодавства та розробити відповідні стандарти впровадження цифрових технологій у сферу авіаційної безпеки.

Аналіз польотної інформації необхідно створити комплексну нормативно-правову базу, яка забезпечить безпечне, етичне та ефективне використання цих технологій в авіаційній галузі.

Розробка етичних норм та стандартів для використання ШІ в авіації, включаючи забезпечення прозорості алгоритмів та можливості людського контролю над прийняттям рішень.

Впровадження заходів для забезпечення конфіденційності та безпеки даних, що обробляються, відповідно до міжнародних стандартів, таких як General Data Protection Regulation (GDPR).

Впровадження цифрових технологій в аналіз польотної інформації є важливим кроком для підвищення безпеки та ефективності авіаційної галузі. Однак, це потребує ретельного правового регулювання.

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРИСКОРЕНОЇ ПІДГОТОВКИ ТЕХНІЧНИХ ФАХІВЦІВ З РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

*А.П. Гандзюк, к.т.н.; В.О. Голицин; І.В. Новікова
Національний університет оборони України*

Актуальність проблеми полягає в значному розширенні номенклатури озброєння і військової техніки внаслідок поставок по програмі міжнародної технічної допомоги (МТД); конструктивної складності сучасних зразків озброєння і військової техніки, що впливає на якісну і прискорену підготовку фахівців з її технічного супроводу (обслуговування і ремонту); необхідність скорочення навчальної програми із збереженням достатнього рівня компетентностей фахівців ремонтного профілю.

Авторами сформовано рекомендації з прискореної підготовки фахівців з ремонту озброєння і військової техніки по схемі “колоквиуму” (комплексного заняття), зміст якого полягає в таких кроках:

1. Компетентності об’єднуються в окремі групи по критерію спорідненості.
2. Формування тем занять для кожної компетентності з загальноосвітніх, прикладних та технічних предметів.
3. Планування занять в послідовності: групове заняття, лабораторне заняття, практичне заняття, залік з оцінкою (0 – 10 балів) за колоквіум з подальшим визначенням сумарної середньої оцінки в балах (оцінка від 8 до 10 балів відповідатиме необхідному рівню якості підготовки).

Дана методологія підготовки технічних фахівців сприятиме як скороченню термінів підготовки, так і диференційованому підходу до розподілу їх на посади після закінчення навчання. Наприклад, слюсар (механік) з демонтажно-монтажних робіт, фахівець з ремонту гідравлічних агрегатів, електробладнання, оптичних приладів, тощо.

ПРОФІЛАКТИКА ПСИХОГЕННИХ ВТРАТ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

*Л.Л. Тютюнник, д.філос.
Національний університет оборони України*

Досвід російсько-української війни пріоритезує питання психогенних втрат серед військовослужбовців, які виконують завдання за призначенням в бойових умовах. Недостатня підготовленість бійців може призводити до зменшення боєздатності військових підрозділів на короткий або тривалий період часу, унаслідок отриманої ними психічної травми або розладу. Водночас, вплив психогенних чинників має пролонгований характер і зумовлює у перспективі цілий спектр соціально-економічних витрат держави

на реабілітаційні заходи військовослужбовців, які мають порушення психічного здоров'я. Відтак, зазначене питання набуває особливої значущості та виходить далеко за межі суто психологічного, охоплюючи військову, соціальну, медичну, економічну й політичну сфери. Застосування превентивних заходів щодо підвищення стресостійкості та мінімізації деструктивного впливу бойових стресорів на психіку військовослужбовців забезпечить їхню професійну успішність.

Психопрофілактична робота з військовослужбовцями має містити інструментарій щодо: діагностики та самодіагностики наявності стресу в організмі і його розсіювання; розвитку високого рівня стійкості до стресорів різної генези; формування психічної готовності до труднощів і кризових ситуацій, зокрема перебування в полоні (заручниках) та в умовах вимушеної ізоляції; розвитку когнітивної сфери; здатності протистояти різним формам маніпуляцій та інформаційно-психологічного впливу з боку ворога.

Однією з найефективніших форм профілактики психогенних втрат є психологічний тренінг, який дає змогу швидко встановити контакт з військовослужбовцями, навчити їх дієвим способам психофізіологічної саморегуляції у складних емотивних умовах; підвищити рівень стресостійкості та адаптивності до діяльності в бойових умовах, а також розвинути психологічну готовність й навички, необхідні для надання першої психологічної допомоги при гострій реакції на стрес.

Організація тематичних освітніх заходів та впровадження психотренінгових програм щодо профілактики психогенних втрат, сприятимуть успішності військових підрозділів в ході виконання бойових завдань та дозволять мінімізувати вплив стресорів бою на військовослужбовців.

ОСОБЛИВОСТІ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ПІД ЧАС ПРОЯВУ ГОСТРИХ РЕАКЦІЙ НА СТРЕС

С.О. Ганаба, д.філос.н., проф.

*Національна академія Державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького*

Важливим аспектом підтримки людей, які пережили травматичні події є психологічна допомога. Мова йде про стресові ситуації, які викликані небезпекою для життя та здоров'я людини. Насамперед, це стосується військових, які беруть участь у військових діях. Зауважимо, що стрес — це нормальний стан, який розвивається у нормальних людей під впливом ненормальних обставин. Це психологічна реакція на небезпечні ситуації або воєнну травму, яка може виникати у військових під час бойових дій.

Бойовий стрес виявляється у формах, що перешкоджають здійсненню бойової діяльності на відносно тривалий час (більше доби). Крайні форми його прояву – невротичні і психотичні розлади. Не об'єктивні зовнішні чинники визначають чи бойова подія є травматичною, а суб'єктивне емоційне переживання цієї події.

У наданні психологічної допомоги слід врахувати низку особливостей. Насамперед, швидко реакцію, оскільки гострі стани виникають одразу після травми. Щоб зменшити ризик розвитку пост травматичного стресового розладу важливо якомога швидше надати людині допомогу. Важливою є емпатія та підтримка. Психолог має бути чутливим до емоційних станів

постраждалого. Це допомагає створити безпечне середовище для відкриття та допомоги. Релевантними є методи дихальної гімнастики, метидації та інших технік релаксації. Вони допоможуть знизити рівень стресу та тривоги. Регулярна фізична активність може допомогти зменшити напругу та стрес. Вона сприяє виділенню ендорфінів, так званих “гормонів щастя” в організмі, переробці кортизолу та інших “гормонів стресу” і тим самим покращує настрій. Ефективні стратегії релаксації, наприклад, медитація або глибоке дихання, заспокоюють нервову систему, знижують рівень тривоги. Не менш важливою є підтримка соціального оточення, розмова з близькими людьми, правильне харчування, достатній сон та уникнення шкідливих звичок. Запровадження цих стратегій може значно покращити стійкість військовослужбовців до стресових ситуацій і зменшити ризик виникнення бойового стресу.

Релевантними є заходи психоедукаційної роботи. Інформування про стресові реакції, їх симптоми та способи подолання допоможе людині краще зрозуміти свій стан і знайти шляхи його покращення. Сприятиме відновленню й фокус на ресурсах. Йдеться про допомогу в ідентифікації особистісних ресурсів і підтримки (родина, друзі, громада). Зауважимо, що кожна людина по-різному реагує на стреси, тому для психолога важливо адаптувати методи допомоги відповідно до потреб та особливостей психіки постраждалого. Необхідно бути обережним у своїй роботі, щоб не викликати у людини додаткового стресу чи травми під час обговорення травматичних подій. Регулярне спостереження за емоційним станом постраждалого допоможе вчасно виявити зміни й при необхідності коригувати підхід. Важливою є співпраця з іншими спеціалістами. У випадках серйозних реакцій на стрес може знадобитися співпраця з лікарями, соціальними працівниками та іншими фахівцями для реалізації комплексного підходу у лікуванні.

Отож, психотравмуючими є не сильні або приголомшливі переживання, а лише такі негативні переживання, які можуть бути причиною певної патології. Досить проаналізувати будь-яке глибоке переживання людини, щоб переконатися в тому, що в основі переживань взаємовідносин людини з оточенням, що хворобливі переживання є лише наслідком порушених взаємин. Загалом, психологічна допомога під час гострих реакцій на стрес повинна бути чутливою, своєчасною та орієнтованою на потреби людини, що переживала гостру реакцію на стрес.

RESEARCH ON THE PSYCHOLOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF MANAGEMENT COMPETENCE IN AIR FORCE OFFICERS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

*O. Kovalenko
Military unit A1356*

Management competence of Air Force officers of the Armed Forces of Ukraine at the operational level of military command is a professionally significant mental formation, which characterizes their theoretical and practical readiness for management, value-motivational readiness, and their ability, as a subject of the operational level of military management, to engage in professional management activities. This competence encompasses a comprehensive readiness, including a set of management knowledge, skills, abilities, experience, and leadership qualities that

enable them to successfully perform tasks related to the management of subordinate units and formations, planning and organizing combat operations, making optimal management decisions in complex and dynamic conditions of military-professional life, as well as ensuring interaction with other branches of the military and state structures.

The essence of the management competence of Air Force officers of the Armed Forces of Ukraine at the operational level is viewed as an integrative capacity and readiness to act in the field of military management, performing effective activities at the operational level.

The content of management competence of Air Force officers of the Armed Forces of Ukraine is regarded as a multi-component system, closely related to organizational and management competencies in military management within the Air Force. This content should dynamically evolve in accordance with the current military-professional needs and challenges faced by the military management system.

ВИКОРИСТАННЯ КУЛЬТУРНИХ ЗАХОДІВ (МИСТЕЦЬКИХ ПРОЄКТІВ) В ІНТЕРЕСАХ ВІДНОВЛЕННЯ ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

*В.А. Кирницький
Військова частина А2656*

Сучасна проблема збереження і відновлення психічного здоров'я українських воїнів перебуває на перетині багатьох сфер, найвиразнішою із яких є мистецтво. Реалізуючись як окремо, так і у співпраці з військовими психологами через культурні заходи (мистецькі проєкти), які звертаються до самобутніх українських традицій заради збереження національної ідентичності, її ціннісний вплив сприяє корекції поведінки військовослужбовців, підвищенню їх комунікативних навичок, психологічній інтеграції у суспільство тощо.

Проведення реабілітації учасників бойових дій ми передбачаємо через:

емоційне розвантаження: музика, театр та кіно допомагають пережити катарсис (моральне очищення, піднесення душі через мистецтво, що виникає в процесі співпереживання та співчуття), відволіктися від негативних думок та спогадів, підняти настрій, відновити емоційний баланс; образотворче мистецтво надає змогу висловити емоції та переживання, які важко вербалізувати, через творчість (малювання, ліплення, скульптуру);

розвиток творчих здібностей: залучення до хорового співу, гри на музичних інструментах, літературних гуртків, театральних студій сприяє розвитку творчих здібностей, розширенню кругозору, підвищенню самооцінки; організація майстер-класів з різних видів мистецтва (живопис, фотографія, гончарство) стимулює творчий потенціал та допомагає знайти нові способи самовираження;

соціальну адаптацію: участь у культурних заходах сприяє спілкуванню, взаємодії та формуванню позитивних соціальних зв'язків; спільне переживання емоцій створює відчуття спільності та приналежності до групи, що важливо для подолання соціальної ізоляції;

формування позитивного світогляду: залучення до мистецтва допомагає змістити фокус уваги з негативних спогадів на позитивні емоції, відчуття краси навколишнього світу, знайти сенс життя.

Рекомендована практика вже втілена у життя та продовжує реалізовуватися в інтересах психологічного відновлення особового складу у клубі військової частини А2656. В процесі пошуку нових можливостей для підвищення якості життя наших оборонців, зниженню їх депресивних і тривожних проявів було започатковано інноваційні мистецькі проекти, серед яких проект “Традиції, що об’єднують”, що поглиблено знайомить військовослужбовців з народною культурою, зокрема з ремеслами: писанкарство, гончарство, виготовлення дідухів, вишивання, витинанка тощо. Все те, що кожен військовослужбовець міг бачити і чути безпосередньо вдома, в сім’ї, що є історичним пластом української національної культури, який відрізняє українців як націю зі своїми надбаннями.

Традиційними стали майстер-класи по гончарству, які відбуваються у тісній взаємодії фахівців психологічної підтримки персоналу військової частини з народними майстрами гончарного мистецтва. З огляду на специфіку діяльності військової частини, що передбачає наявність певної кількості військовослужбовців-жінок, колектив клубу організовує майстер-класи по виготовленню дідухів. Описані вище майстер-класи проводяться на свіжому повітрі, що також позитивно впливає на процес стабілізації (відновлення) психологічного стану військовослужбовців.

У такий спосіб, культурно-мистецька діяльність представленого клубу військової частини А 2656 сприяє формуванню здорового морально-психологічного клімату в підрозділах, розвиває здібності, професійно важливі якості українського воїна, підвищує його можливості реалізації у службі та подальшій соціальній адаптації у цивільному житті.

ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ІЗ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПЕРСОНАЛУ

О.М. Манзяк

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Підготовка фахівців з психологічної підтримки персоналу (ППП) є важливою складовою у системі підготовки кадрів для військової сфери. Наявність фахівців у цій галузі забезпечує психологічну стійкість, моральну мотивацію та сприяє перемозі у критичних ситуаціях. З огляду на сучасні виклики та специфіку ведення бойових дій, підготовка фахівців ППП потребує вдосконалення та адаптації до нових реалій, а саме: формування психологічної стійкості, розвиток моральних якостей, підвищення професійної компетенції, попередження психологічних травм, забезпечення психологічної підтримки у кризових ситуаціях, розробка та впровадження програм мотивації.

Успішному вирішенні цих питань заважають ряд проблем. Недостатнє методичне забезпечення – відсутність сучасних оновлених навчальних програм, підручників та методичних рекомендацій, що ускладнює ефективну підготовку спеціалістів. Дефіцит кваліфікованих викладачів та тренерів із достатнім рівнем практичного досвіду у сфері морально-психологічного забезпечення. Недостатній рівень практичної підготовки – акцент у навчанні часто робиться на теоретичні аспекти, тоді як практика, симуляції реальних умов та стажування мають важливе значення. Низький рівень психологічної

культури серед деяких командирів, які часто не приділяють достатньої уваги психологічним аспектам роботи з підлеглими. Відсутність систематичного аналізу рівня підготовки випускників та їхнього впливу на морально-психологічний стан особового складу.

Вочевидь, якісна підготовка фахівців із ППП є запорукою їхньої ефективної діяльності.

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ БАЗОВОЇ ЗАГАЛЬНОВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ

М.А. Голова

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

За результатами аналізу процесу підготовки військ за час ведення бойових дій щодо відбиття повномасштабної агресії зі сторони росії основними шляхами удосконалення підготовки військ можуть бути:

оптимізація організаційно-штатних структур органів військового управління, уніфікація структур та чисельності військових частин (підрозділів);

визначення та удосконалення алгоритмів відновлення боєздатності військових частин (підрозділів) на всіх етапах відновлення;

нарощування та створення військової інфраструктури для розміщення та підготовки військових частин (підрозділів) Сил оборони;

удосконалення форм, методів базової та фахової підготовки всіх категорій військовослужбовців;

запровадження проведення курсу базової загальновійськової підготовки на фондах бригад, що дозволить досягти вищого рівня підготовки особового складу, проведення на місці контролю якості; забезпечити посилення навичок роботи з озброєнням і військовою технікою; покращити злагодження колективу та набуття військових традицій військової частини; суттєво зменшити випадки самовільного залишення військових частин;

збільшення термінів підготовки випускників навчальних центрів, які проходять курс базової загальної військової підготовки тривалістю до 1,5 місяця, замість 30 днів, як було раніше;

запровадження нового курсу базової загальновійськової підготовки.

АДАПТАЦІЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ДО УМОВ ВЕДЕННЯ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ

Т.Г. Беззубцева

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Адаптація українських військовослужбовців до умов сучасної війни є ключовим елементом для забезпечення боєздатності армії та збереження її ефективності. В умовах гібридних конфліктів, інформаційних війн і технологічних нововведень військовослужбовці мають не лише освоїти новітнє озброєння та техніку, але й швидко адаптуватись до змінюваних тактичних ситуацій. Сучасна війна потребує від військових не тільки фізичної, але й психологічної стійкості, здатності працювати в умовах постійного стресу та непередбачуваних ситуацій. Підготовка військових до таких викликів

включає в себе як технічну, так і моральну підготовку, що має на меті створення ефективної та згуртованої бойової одиниці.

Особливу увагу слід приділяти підготовці мобілізованих військовослужбовців. Важливим етапом є також інтеграція новобранців до бойових підрозділів, де кожен член команди має відповідати на свою ділянку роботи, що вимагає розвитку командного духу та взаємної підтримки.

Також важливим аспектом адаптації є використання досвіду ветеранів війни, які пройшли через важкі бойові умови. Їхній досвід і знання є безцінними для навчання нових військовослужбовців. Ветерани не лише передають технічні навички, але й допомагають краще зрозуміти психологічні труднощі, що виникають під час бойових дій та способи їх подолати.

В умовах постійного стресу, особливо під час активних бойових дій, необхідно проводити психологічні тренінги для підтримки морального стану військових для подальшого успішного виконання бойових завдань.

ВНУТРІШНЯ КОМУНІКАЦІЯ У ВИЩИХ ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ: СУТНІСТЬ, СПЕЦИФІКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ

Н.М. Микитюк

Національний університет оборони України

Внутрішня комунікація в освітньому процесі у ВВНЗ – це цілеспрямований інформаційний обмін між учасниками освітнього середовища (адміністрацією, НПП, слухачами (курсантами)), спрямований на забезпечення ефективності освітнього процесу, формування професійних компетентностей, взаємної довіри, підвищення мотивації до навчання та служби, злагожденості та згуртованості військових колективів та розвиток лідерського потенціалу слухачів (курсантів) через налагоджену систему вертикальних та горизонтальних комунікативних взаємодій.

Сутність внутрішньої комунікації у ВВНЗ:

передача інформації – інформування про освітній процес, зміни в організації навчання, нові методики, правила поведінки тощо;

взаємодія – забезпечення координації між усіма учасниками освітнього процесу для ефективного вирішення спільних завдань;

мотивація – підвищення рівня зацікавленості у навчанні та професійному розвитку;

соціалізація – адаптація слухачів (курсантів) до військового середовища, формування необхідних професійних навичок та якостей.

Внутрішня комунікація у ВВНЗ має низку особливостей:

ієрархічність – комунікаційні процеси відбуваються в рамках чітко визначеної ієрархічної структури;

оперативність – інформація повинна доводитися до адресатів швидко та точно;

ясність і конкретність – повідомлення повинні бути чіткими, зрозумілими та не допускати двоякого тлумачення;

конфіденційність – частина інформації має обмежений доступ, тому важливо дотримуватися правил її зберігання та поширення;

національно-патріотична спрямованість – комунікація сприяє формуванню моральних якостей, патріотизму та поваги до військової служби.

Організація внутрішньої комунікації у ВВНЗ передбачає:

визначення цілей комунікації – формування чіткого розуміння того, яку інформацію необхідно довести до учасників освітнього процесу;

вибір каналів комунікації – використання різних каналів (особисті розмови, наради, електронна пошта, внутрішні веб-сайти, соціальні мережі тощо) залежно від характеру інформації та аудиторії;

розроблення планів комунікації – створення календарів подій, тем для обговорення, визначення відповідальних осіб;

створення зворотного зв'язку – забезпечення можливості для учасників освітнього процесу висловлювати свою думку, задавати питання та отримувати відповіді;

моніторинг ефективності – регулярне оцінювання ефективності комунікаційних процесів та внесення необхідних змін.

Внутрішня комунікація є важливим фактором успіху діяльності ВВНЗ. Ефективна система внутрішніх комунікацій сприяє підвищенню якості освіти, формуванню професійно компетентних військових фахівців, зміцненню морального духу та згуртованості військових колективів. Подальший розвиток внутрішніх комунікацій у ВВНЗ має йти шляхом активного використання сучасних інформаційних технологій, розвитку комунікативної компетентності військовослужбовців та адаптації комунікаційних стратегій до сучасних вимог військової освіти.

ОПИТУВАННЯ СТЕЙКХОЛДЕРІВ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ ЯК ЕЛЕМЕНТ МОНІТОРИНГУ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ У СИСТЕМІ ВИЩОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ

Р.Т. Маньовський

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Моніторинг освітніх програм у вищих військових навчальних закладах передбачає анкетування внутрішніх та зовнішніх стейкхолдерів. Організація опитування внутрішніх стейкхолдерів, таких як здобувачі вищої освіти та науково-педагогічні працівники покладається на заклад вищої освіти та організовується ним в рамках проведення щорічного моніторингу освітніх програм.

Опитування ж зовнішніх стейкхолдерів, випускників та їх безпосередніх командирів регламентується Положенням про Систему аналізу службової діяльності випускників закладів фахової передвищої військової освіти, вищих військових навчальних закладів та військових навчальних підрозділів закладів вищої освіти, затвердженого наказом Генерального штабу ЗС України від 07.09.2023 року №215. Однак, з моменту запровадження, результати такого аналізу, як інструмент зворотнього зв'язку, не мають практичного застосування для внесення змін в освітні програми.

Тому, система аналізу службової діяльності випускників потребує цифровізації та модернізації з акцентом на практичне застосування результатів її проведення.

Допоки ж, закладам вищої військової освіти доцільно самостійно, налагодивши комунікацію з випускниками, за допомогою анкетування враховувати їхню думку під час проведення моніторингу освітньої програми, за якою вони навчались, щодо практичного застосування здобутих знань, вмінь та навичок в навчальному закладі.

ПРАВОВІ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

А.П. П'янтківський

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Підготовка військовослужбовців в умовах повномасштабної війни між росією та Україною є вкрай важливим аспектом забезпечення обороноздатності держави. Однак, у цьому процесі виникають значні правові проблеми, які потребують вирішення. У доповіді розглянуто основні правові перешкоди, що впливають на якість підготовки військовослужбовців.

Головними проблемами є: застарілість або недостатня адаптація нормативно-правових актів до умов сучасної війни; законодавство України у сфері військової підготовки залишається недостатньо динамічним і не завжди враховує досвід, отриманий у ході війни; відсутність чітко регламентованих положень щодо прискореної підготовки військовослужбовців у бойових умовах; невизначеність правового статусу інструкторів, які мають досвід ведення бойових дій, але не є офіційними представниками навчальних центрів; проблеми правового врегулювання використання іноземного досвіду в підготовці військових.

Правові проблеми підготовки військовослужбовців в умовах війни мають суттєвий вплив на боєздатність української армії. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, включаючи вдосконалення нормативно-правової бази, залучення міжнародного досвіду та використання новітніх технологій у процесі навчання. Внесення змін до чинного законодавства дозволить підвищити ефективність підготовки військовослужбовців та зміцнити обороноздатність України.

СОЦІАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ПРОФЕСІОНАЛІВ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

О.М. Гресь

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

Військові професіонали є ключовим фактором забезпечення національної безпеки України в умовах російсько-української війни. Соціальні проблеми підготовки кадрів впливають на боєздатність армії та ефективність виконання бойових завдань.

До основних соціальних проблем підготовки військових можна віднести:

Психологічне навантаження: постійне перебування у зоні ризику впливає на психічне здоров'я військових; недостатня кількість кваліфікованих військових психологів та відсутність системної реабілітації.

Матеріальне забезпечення: проблеми з належним забезпеченням військовослужбовців сучасною технікою, зброєю, екіпіруванням; недостатній рівень грошового забезпечення та соціальних гарантій для сімей військових.

Підготовка та перепідготовка кадрів: нестача висококваліфікованих інструкторів та сучасних програм підготовки; відставання навчальних методик від темпів та умов сучасної війни.

Мотивація та професійний розвиток: проблеми мотивації через високу небезпеку та нестабільні умови служби; недостатні можливості кар'єрного зростання та професійного навчання.

Розвиток інфраструктури військової підготовки; підвищення рівня соціального захисту; створення програм психологічної реабілітації та адаптації; залучення міжнародного досвіду повинні допомогти у вирішенні основних соціальних проблем.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БОЙОВОЇ ПІДГОТОВКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Ю.В. Миронович

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Організація бойової підготовки є критично важливим елементом забезпечення боєздатності військових підрозділів. Досвід російсько-української війни 2022-2025 років виявив низку проблем у цій сфері, а також надав цінні уроки щодо їх вирішення.

За проведеним аналізом досвіду підготовки військових частин і підрозділів виявлені проблемні питання, які впливають на якісну організацію та досягнення очікуваного результату підготовки та для вирішення цих проблем необхідно впровадити комплексний підхід, який включає наступні шляхи:

планувати та якісно проводити заходи методичної та фахової підготовки офіцерського та сержантського складу в системі індивідуальної підготовки, у тому числі з порядку застосування стандартів підготовки;

створити у військових частинах дієву систему оцінювання та аналізу заходів підготовки;

створити та укомплектувати у кожному підрозділі рівня батальйон групи (підрозділ) інструкторів, з обов'язковою підготовкою цього персоналу на курсах підготовки інструкторів;

розглянути можливість створення у штаті бригад мобільних груп інструкторів з необхідними МТЗ для проведення занять, полігонним обладнанням та персоналом, який відповідає за експлуатацію та обслуговування цього обладнання. Ці групи пропонується використовувати за рішенням командира бригади як для проведення планових заходів підготовки, так і для проведення етапів бойового злагодження в районах відновлення боєздатності.

АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ЗМІСТУ ПРАВОВОЇ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ УКРАЇНСЬКО-РОСІЙСЬКОЇ ВІЙНИ

С.В. Лаврик

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Сили оборони України під час відсічі збройної агресії проти України завдають противнику значних безповоротних втрат, виконуючи завдання з вогневого ураження угруповань військ, об'єктів державного і воєнного управління, воєнно-промислового комплексу, інфраструктури, комунікацій тощо.

Вказане обумовлює високі ризики спричинення супутніх втрат серед цивільного населення, завдання шкоди цивільним об'єктам чи виникнення інших негативних наслідків.

Необхідною умовою уникнення чи зведення до мінімуму зазначених ризиків є вжиття усіх можливих запобіжних заходів з метою дотримання приписів норм МГП та чинного законодавства України з застосуванням бойового імунітету, передбаченого Законом України "Про оборону України".

Правильне розуміння вказаного правового інституту, а також практичних аспектів його реалізації є основною умовою забезпечення правового захисту та належного морально-психологічного стану військовослужбовців.

Актуальним напрямком удосконалення та підвищення дієвості практичного застосування бойового імунітету до військовослужбовців під час планування та здійснення ними вогневого ураження противника є підвищення рівня їх правових знань шляхом проведення занять з предмету права підготовка за тематикою щодо теоретичних та практичних аспектів реалізації бойового імунітету з врахуванням роз'яснень відповідних, уповноважених законом, органів та посадових осіб за наслідками вивчення досвіду застосування норм МГП, а також існуючої практики судів України та Міжнародного кримінального суду.

СЕКЦІЯ 21

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ ВІЙСЬКОВИМ ФАХІВЦЯМ

Керівники секції: полковник Тараненко Ю.С.;
к.філол.н. доц. пр. ЗС України Ребрій І.М.
Секретар секції: к.філос.н. доц. пр. ЗС України Савченко О.О.

LANGUANE LEARNING WITH AI

O. Savchenko¹, Ph.D.; Yu. Taranenko²

¹*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University;*

²*Air Forces Command of Armed Forces of Ukraine*

Artificial intelligence has dramatically affected language learning, offering personalized and effective ways to master new languages. AI-powered language learning apps use advanced algorithms and adaptive technologies to create customized learning experiences since they are tailored to various learning styles offering unprecedented opportunities for efficient learning. AI-powered language learning apps use advanced speech recognition and provide instant feedback on pronunciation and grammar, helping learners improve their language skills faster than traditional methods.

One of the most significant benefits of AI-powered language learning apps is their ability to provide extensive conversational practice without native speakers or language exchange. Using AI-powered chatbots and interactive scenarios, learners can engage in realistic dialogues, improving their speaking skills and building confidence in the target language. Language learners can practice at all times and can immerse in the target language environment, accelerating their progress, and making language learning more enjoyable. Additionally, AI-powered language learning apps offer flexibility and accessibility traditional language courses cannot match.

Some of the best AI-powered language learning apps currently available are Talkpal, LanguaTalk, Pronounce, Babbel, and Duolingo, which offer unique features and benefits for learners of all levels. With a wide range of interactive lessons and the ability to adapt to different learning styles, these apps cater to both beginners and advanced learners and provide the tools and resources needed to achieve learning goals effectively and comfortably.

FROM THEORY TO PRACTICE. THEORETICAL SUBSTANTIATION OF EXPERIMENTAL METHODS IN TRANSLATION STUDIES

*I. Rebrii, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The interest in the cognitive aspects of translation has led scholars to interdisciplinary cooperation with such branches as Cognitive Linguistics, Psycholinguistics or even Neurology in search of innovative approaches and research methods. The most successful example of such collaboration is presented by the method of "verbal reports on thinking" developed in Cognitive Psychology and adapted for the needs of Translation Studies in the form of Think-Aloud

Protocols, or TAPs. This method is based on the technique of "protocol analysis" ascribed to American psychologists Karl Anders Ericsson and Herbert Alexander Simon who gave its theoretical substantiation in the article "Verbal reports as data". The scientists noted that it was "particularly important to explicate the knowledge necessary to generate successful solutions when we study tasks that cannot be easily performed with simple strategies". Symbolically, they take translation as an example of the task where the number of different acceptable solutions considerably complicates such an analysis. Within the framework of verbalizing translation, words with multiple lexical meanings are likely to be particularly revealing with respect to the translation process. In a comprehensive review of more than forty studies, the scientists found no evidence that giving concurrent verbalization of thoughts ("thinking aloud") distorted accuracy of performance as compared to that of subjects who fulfilled the same tasks silently under otherwise similar conditions. The only difference between verbalized and non-verbalized task-completing is that participants would take longer to complete the tasks while thinking aloud because of the additional time required for completing the overt vocalization. of the verbal expression of the thoughts". Translation-wise, this difference seems irrelevant.

ROLE PLAY AS AN EFFECTIVE METHOD FOR ENGLISH LEARNING

M. Zabudko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

Role play is widely recognized as an effective method for language acquisition, particularly in the context of learning English. This interactive technique engages students in real-world scenarios, helping them practice communication skills in a dynamic and immersive environment. Unlike traditional language learning methods, which often focus on memorization or passive learning, role play actively involves learners, encouraging them to think on their feet and use language in a practical way. By simulating real-life situations, role play fosters an environment where students can apply their knowledge of English in context, improving both their fluency and confidence.

One of the primary benefits of role play is that it allows students to develop critical language skills, such as speaking, listening, and pronunciation, in a practical setting. In role play, students take on different roles (such as a customer, waiter, doctor, or teacher) and engage in conversations that reflect everyday situations. This practice enables learners to build vocabulary, learn new expressions, and become familiar with the grammatical structures commonly used in real-life communication.

Moreover, role play helps students overcome their fear of speaking in a foreign language. It provides a safe space for learners to practice without the pressure of making mistakes in real conversations. This is especially important for ESL (English as a Second Language learners), who often struggle with speaking due to fear of errors or misunderstandings. Role play breaks down these barriers by creating a supportive and collaborative learning environment.

In addition, role play fosters collaboration and teamwork among students. During role-playing activities, learners often work in pairs or small groups, which encourages interaction and peer learning. This collaboration allows students to exchange ideas, correct each other's mistakes, and practice communication in a

more relaxed and informal setting. Furthermore, role play helps develop critical thinking and problem-solving skills, as students must adapt to various roles and think quickly to respond appropriately in the scenario.

COMMUNICATION IN POLITICAL AND PRAGMALINGUISTIC CONTEXTS: VERBAL AND NONVERBAL ASPECTS

N. Pustovit, Ph.D.

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

The examination of verbal and nonverbal elements is realized in the context of political discourse through the utilization of pragmalinguistic tools. There is a substantial body of academic works that explore the language practices employed by politicians. For instance, D. Bell proposes a novel paradigm that conceptualizes language as a "perceptual lens" for the analysis of political phenomena and political action. He contends that the key political concepts – power, influence, and authority – relate to linguistic modes of interacting with others to attain political objectives and outcomes[1]. Much scholarly attention has focused on analyzing politicians' nonverbal communication during election campaigns. Additionally, the digitalization of political discourse has stimulated growing research interest in nonverbal communication within media contexts. In this regard, R. Coleman and S. Benning argue that such features as emotions over information, personality over issues, and style over content tend to emerge in these contexts[2]. Mehrabian's research examines verbal and nonverbal aspects of communication. He proposed a formula suggesting that human perception is influenced by three key elements: 7% words, 38% tone of voice, and 55% body language. The works of Ukrainian scholars H.H. Pocheptsov and L.V. Soloshchuk are noteworthy from a pragmalinguistic perspective. Pocheptsov developed a classification of speech act types, while Soloshchuk categorized nonverbal components based on the characteristics and systems of nonverbal means and their perception.

FORMING THE PATRIOTIC CULTURE DURING ENGLISH LESSONS WITH CADETS

T. Bryk, Ph.D.

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

Patriotism (from the Greek "patris") is love for the Motherland, devotion to one's Fatherland and people.

Patriotic education is a systematic educational activity aimed at forming in cadets a good attitude towards the Motherland and towards representatives of a common culture or country. National and patriotic education of cadets is a complex systematic and purposeful activity of state authorities, educational institutions, non-governmental organizations, the family and other social institutions in order to form a high level of patriotic consciousness, a sense of loyalty, love for the Motherland, care for the good of the people, readiness to fulfill civic and constitutional duty to protect the national interests, integrity, independence of Ukraine, and support its establishment as a legal, democratic, and social state. The most important priority of national and patriotic education is the formation of a valuable attitude of the individual towards the Ukrainian people, the Motherland, the state, the nation.

The formation of patriotic feelings in the process of military and professional communication, means the development and strengthening of a high ideal of service and protection of one's people, readiness for a military feat in the name of freedom and prosperity of the state, the desire to see it free and independent.

We will be ruled by the Ukrainian Cossacks who laid the foundation of national and patriotic consciousness as an eternal example of patriotism and honor.

Practical classes in English, as well as extracurricular activities on different national and patriotic topics, can significantly influence the process of forming the patriotic culture of future officers.

NATURAL PERCEPTION SYSTEM METHOD OF LEARNING ENGLISH

I. Golovash

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

By the end of the twentieth century, the status of a language of world significance was finally established for English. In most schools in the world, its study has become mandatory, and the methodology of teaching has begun to develop by leaps and bounds. Not everyone could afford to attend courses, which provoked the emergence of the first method of self-study of the English language. In this method of learning English, the basis is not the classical model "from theory to practice", but the reverse, more natural perception system. It is very similar to how we learn our native language. The essence of the modern method of learning English is that from the first lesson a certain task is put before the students, for example, to learn about the interlocutor profession. Further, all students play role-playing games, where they try on different roles and try to solve the set task. Due to the fact that communication takes place between people with approximately the same level of proficiency in a language, the fear of using foreign speech, which occurs when communicating between a teacher and a student, is lost. This technique of the English language consists of three stages: at the first, lexical units, words and expressions are given, and only then, at the second and third, the use of grammatical-syntactic structures is corrected. The system has repeatedly proved its effectiveness and at the moment is one of the most successful from the point of view of educational psychologists.

PROFESSIONAL DISCOURSE IN TEACHING CADETS

I. Grygorova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

At the current stage teachers of the foreign language who teach cadets at the higher education military institutions face the important issue connected with paying special attention to changes in the goals and approaches of teaching cadets. That is done due to the variety of military specialties and translation specializations in the general-professional military context. At the same time, it is necessary to outline the variety of translation tasks which appear in the learning/teaching process taking into account the realities of a full-scale invasion. Taking into consideration the peculiarities of the modern approach to teaching translation in the general language context, we can highlight that it differs for simultaneous translation and translation texts with military technical context in the written way. On the other hand, it might

be taking into consideration that cadets involved as translators may face specific tasks that require more extensive language and specialized professional training.

Solving the problem connected with adaptation teaching the basic skills in translation for cadets is the main requirement for the modern army. From this point of view, it is significant to research this aspect and make changes in syllabus in the context of learning the foreign language in military spoken and written discourse. At the same time, we need to separate the aims and types of translation and interpretation which a key feature of military life. Also, in the process of developing aims and principles of teaching cadets translation at the military university professional discourse is taken into consideration from the side of being the specific feature of intercultural communication which cadets have in routine and specific conditions of their service in the army.

At the same time, special attention might be paid to the formation of the operational competence that forms the basis of understanding the professional discourse in the process of teaching military students.

THE DISCOVERY TECHNIQUE OF TEACHING GRAMMAR

O. Kondra

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

It is impossible to master a foreign language without a good command of grammar. Mastering grammar is the greatest challenge in both learning and teaching. Grammarians are inventing new ways to achieve this goal. The discovery technique or guided discovery is one of them. It is a method where students are not given any rules. It is a way of teaching a language in which learners, guided by a teacher, make up their own rules by analyzing examples.

Guided discovery is a recognized approach to teaching grammar. Along with other modern theories of language learning, Guided Discovery encourages students to be active participants in the learning process and promotes the development of critical thinking skills and autonomy. It is linked to analytical learning and problem-solving. It helps learners to be aware of their achievements and to make personal connections that reinforce their learning.

Grammar is not an easy area of the language, so it is not an easy area to learn and eventually become fluent in. But people cannot express themselves clearly without a knowledge of grammar. It is therefore clear that grammar is the foundation of any language learning process. Grammar is the structural foundation of our ability to express ourselves. The more we are aware of how it works, the more we can monitor the meaning and effectiveness of the way we and others use language and communicate. After all, communication is the very reason why people learn a foreign language in the first place.

TEACHING COLLOCATIONS IN EFL CLASSROOM

L. Kostiuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

Collocations are a key component in learning English as a foreign language, as they ensure naturalness and fluency in speech. Problems of teaching them and effective teaching methods are based on the research of Norbert Schmitt. Collocations are an integral part of native speakers' natural language use, perceived

as ready-made language "chunks" rather than individual words. Learning collocations promotes language fluency, as students move away from constructing sentences word by word and instead use ready-made expressions, significantly easing communication and making speech more authentic. Teaching collocations motivates students by showing rapid progress in their language competence and enabling more effective use of English in real-life situations. Despite their importance, teachers face challenges such as the vast number of collocations and the lack of a unified teaching methodology. Effective methods include using concordances that show collocations in authentic contexts; maintaining lexical notebooks where students record new collocations; utilizing collocation dictionaries and visual tools. Encouraging autonomous learning through reading and text analysis is also essential. Integrating collocations into language courses helps students acquire language skills more quickly and effectively. Using collocations in speech boosts students' confidence, facilitates understanding of authentic language, and makes their expressions more precise and natural.

Collocations are a vital aspect of English language learning that cannot be overlooked. Teachers should pay special attention to teaching them, employing various methods and tools to help students achieve a high level of language proficiency and communicate effectively in real-life situations.

SEVERAL METHODOLOGICAL APPROACHES FOR TEACHING ENGLISH COLLOCATIONS TO DEVELOP THE SPEAKING SKILLS OF FUTURE OFFICERS TAILORED TO THEIR PROFESSIONAL NEEDS

N. Lieboshyna

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

The phenomenon of English collocations, defined as word combinations that habitually co-occur and possess a collective meaning that is often not predictable from the meanings of the individual words (Brown, 2019), is of particular relevance to future officers. The importance of collocations in military operations cannot be overstated, as they ensure that messages are conveyed with both accuracy and efficiency, which is critical in high-stakes military contexts. Additionally, effective communication facilitated by collocations fosters trust with peers, superiors, and international counterparts, while precise collocation usage enables clear orders and reports, which can mean the difference between success and failure in missions. (Georgieva, 2015). Furthermore, the expansion of ties with NATO member states and Ukraine's participation in multinational operations, and mastery of English collocations, facilitate smoother collaboration and reduce misunderstandings.

Here are several methodological approaches for teaching English collocations to develop the speaking skills of future officers, tailored to their professional needs.

1. Contextual Learning through Scenario-Based Training to enhance speaking skills in professional contexts...

2. Collocation in Action – Role-playing practices collocations in simulated real-life professional interactions...

3. "Collocation of the Day" – Integrated into Daily Briefings...

4. Project-Based Learning – "The Tactical Handbook" develops a comprehensive understanding and application of collocations through a long-term project...

5. Gamification – "Collocation Command" is tasked to engage students in a competitive environment to practice and reinforce collocation usage...

6. Reflective Learning Journals – "Collocation in Context" aimed at encouraging reflective practice to solidify understanding and application of collocations...

Also, digital learning platforms have a valuable opportunity to enhance their offerings by integrating innovative features. By making these improvements, we can create a more engaging learning experience and empower learners to achieve their full potential.

FORMATION OF TERMINOLOGICAL COMPETENCE OF FUTURE OFFICERS

E. Myroshnichenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

Terminological competence is a crucial aspect of military education, enabling officers to accurately understand and apply specialized terminology. Given the highly structured and technical nature of military communication, mastering professional terminology enhances operational efficiency, reduces misunderstandings, and fosters discipline.

A comprehensive understanding of terminological competence includes several essential aspects: lexical knowledge involves understanding military-specific vocabulary; contextual application refers to the ability to use terminology appropriately in various military scenarios; interpretation and translation skills encompass proficiency in decoding and conveying military terms; practical usage includes the integration of terminology in verbal and written communication, such as reports, briefings, and commands.

The formation of terminological competence relies on several pedagogical approaches. Theoretical instruction involves classroom-based learning that focuses on military lexicon and its contextual usage. Simulation-based training incorporates practical exercises that replicate real-life military scenarios, encouraging the active application of terminology. Finally, assessment and feedback are essential components, ensuring regular evaluations through tests, role-playing, and field exercises to measure proficiency and provide constructive guidance.

The formation of terminological competence is vital for the professional development of future officers. A structured approach combining theoretical knowledge, practical training, and continuous assessment ensures that cadets acquire the linguistic precision necessary for effective military operations.

THE USE OF COOPERATIVE LEARNING IN ENGLISH LANGUAGE CLASSROOMS

M. Pohodina

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

Cooperative learning is a teaching approach where learners share information and work together in organized groups to achieve a mutual goal. The main principles of this method are positive interdependence, individual accountability, equal participation, face-to-face interaction, group processing, and effective social skills. Positive interdependence gives students a feeling that they are on the same side as

the task requires that they work together. They feel part of a team and work towards the same goal. At the same time, every member of a team is responsible for his or her performance and it creates both autonomy and cooperation.

Cooperative learning is beneficial for students. In the language classroom, cooperative learning promotes interaction through pair and group work, and it facilitates language learning. Students develop great confidence when they work in small teams, they pick up vocabulary from observing their peers learn and solve problems. The majority of students like the idea of undertaking cooperative language learning tasks in the language classrooms. They feel more relaxed and freer at the lesson. They are interested in learning English in different way. Cooperation encourages positive learning atmosphere and reduces anxiety. Students enjoy speaking and using English in group discussions, although they have difficulties in accomplishing some tasks. The possible problems with group work in the language classroom are using mother tongue by students and paying less attention to language structures while completing a task.

The teacher plays a leading role in setting up the cooperative learning structures as well as in preparing students for the tasks and in facilitating the accomplishment of the task goals. He/She decides on the group size and composition, and also on the roles of group members. Students can be assigned to groups randomly or they can be selected. The teacher also arranges the room and plans materials.

So, cooperative learning is an important and efficient strategy for teaching English as a foreign language that encourages and motivates learners.

THE LANGUAGE BARRIER AS A THREAT TO EFFECTIVE COMMUNICATION IN MULTINATIONAL MILITARY UNITS

Yu. Cherkashyna

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

Effective communication is vital for multinational military operations, directly impacting efficiency, decision-making, and mission success. However, language barriers can cause misinterpretations, coordination issues, and operational inefficiencies. This paper examines the primary issues associated with language barriers in military contexts, their impact on command execution, and potential strategies for mitigating communication challenges.

Key Challenges:

Misinterpretation of orders and commands – Translation errors can lead to tactical failures and safety risks.

Disparities in military terminology– Variations in military lexicon cause inconsistencies in procedures.

Cognitive overload and stress-induced linguistic impairments– Stress impairs language processing in high-risk situations.

Cultural and pragmatic communication differences – Command structures, speech norms, and nonverbal cues vary.

Mitigation Strategies:

Implementation of standardized military English (e.g., NATO STANAG 6001) to ensure uniform command interpretation.

Plain English for clarity in critical operations.

Nonverbal communication protocols (hand signals, symbols).

Real-time translation and AI-driven support.

Multinational military language training programs.

Addressing language barriers in multinational military units is imperative for maintaining operational effectiveness and mission success. A comprehensive approach integrating linguistic standardization, training initiatives, and technological advancements is essential for mitigating communication challenges and enhancing coordination in diverse military environments.

TEACHING COLLOCATIONS: THEORETICAL CONSIDERATIONS

I. Shutenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University

While teaching vocabulary has received considerable attention since the communicative teaching methods - and especially Michael Lewis's lexical approach - gained popularity, many English language course books still fail to include collocations in a satisfactory way. This is despite the fact that collocations are prevalent in both written and spoken language. It is, therefore, essential for teachers to focus on these structures and introduce them from the elementary level onwards, helping language learners recognize collocations and other language chunks early.

Teaching collocations is advantageous at all levels: at elementary level, learning commonly used collocations helps students express themselves with more ease; at higher levels, the knowledge of collocations fosters students' language skills and enables them to move past the intermediate plateau and even sound more native-like (at advanced levels). On the other hand, insufficient knowledge of collocations in the target language and negative transfer from the native language often result in language structures that fail to convey the message in a natural sounding manner. Because of this, it is important that students focus on collocations (and other language chunks) rather than on individual words.

When choosing which collocation to teach, several factors need to be taken into consideration such as frequency (how frequent a collocation is), suitability (some native-speaker items might be inappropriate for learners), the level of students and the type of course (learners of military English will need other collocations than those attending general classes). Priority should be given to collocations that do not have a direct equivalent in L1.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЛІНГВІСТИКИ ТА ПЕРЕКЛАДУ У СФЕРІ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ

С.С. Борозняк

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Лінгвістика та переклад відіграють важливу роль у військовій освіті, адже мова є основним інструментом комунікації та передачі знань у будь-якій сфері діяльності. У сучасних умовах, коли військові навчальні заклади дедалі частіше інтегруються в міжнародний простір, мовна підготовка та якісний переклад стають невід'ємною частиною навчального процесу. Це пов'язано з низкою викликів, включаючи зростання кількості міжнародних військових операцій, участь у миротворчих місіях, співпрацю з іноземними партнерами та потребу в підготовці військовослужбовців до роботи в багатокультурному середовищі.

Сучасний етап розвитку військової освіти характеризується стрімким розвитком технологій, які створюють нові можливості для мовної підготовки. Автоматизовані системи перекладу, онлайн-платформи для вивчення мов, інтерактивні симулятори – усе це сприяє вдосконаленню процесу навчання. Однак разом із новими можливостями виникають і нові проблеми, такі як точність перекладу військової термінології, адаптація навчальних матеріалів до міжнародних стандартів і врахування культурного контексту.

Особливості військової сфери, включаючи її спеціалізовану термінологію, складність ситуаційного спілкування та високу ціну помилок у комунікації, створюють додаткові виклики для лінгвістики та перекладу. Наприклад, неправильний переклад команди або документу може спричинити стратегічні прорахунки, що матиме серйозні наслідки. Крім того, мовна підготовка офіцерів та солдатів повинна враховувати стресові умови, у яких часто відбувається військова комунікація.

CASE STUDIES IN TEACHING ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES

*V. Pochuieva, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor
Kharkiv National University of Internal Affairs*

Nowadays, case study is one of the most useful approaches in the language learning field. Case study is a powerful student-centered teaching strategy that can impart students with critical thinking, communication, and interpersonal skills. Case studies are, by their nature, multidisciplinary, and allow the application of theoretical concepts, bridging the gap between theory and practice. Working on cases requires students to research and evaluate multiple sources of data, fostering information literacy.

Cases are situations or statements that present unresolved issues. The power of the case study is in the active participation of the students. In learning from a case, they determine the relevant facts, analyze them, and draw conclusions about the cause of the problem and what action to take.

Case discussion requires more intense effort, from both students and instructors, than many more traditional methods of instruction. While the demands on time, energy, and personal commitment are great, the rewards of the case method are also substantial. With repeated exposure to cases, students improve their skill in analyzing and dealing with ambiguous situations and incomplete information.

The case study has a great teaching potential and demonstrates how real-life tasks can be used in language courses. Learners can practice various functions of language and various vocabulary depending on the case matter. They learn the language skills and at the same time develop their analytical and interpersonal skills.

THE ROLE OF ICT IN ENHANCING FOREIGN LANGUAGE TEACHING FOR CADETS

*M. Trofymova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Enhancing language teaching for cadets is a key priority in preparing future officers, particularly in the context of the full-scale invasion of Ukraine. Foreign language proficiency is crucial for military professionals; however, low motivation remains a significant challenge. Factors influencing motivation include the practical

value of language skills, confidence in success, an engaging learning process. Digital technologies play a vital role in addressing these challenges by increasing cadets' engagement and making learning more interactive and effective.

The integration of information and communication technology (ICT) tools into the educational process by foreign language teachers has distinct advantages. Cutting-edge technologies enable the creation of an immersive foreign language environment in the classroom, which is essential for effective language acquisition. For instance, interactive whiteboards such as Padlet, Jamboard, and Miro facilitate collaborative work, information structuring, and the visualization of key concepts. ThingLink enhances multimedia learning by incorporating interactive elements into educational materials, thereby improving comprehension and retention. Liveworksheets transforms traditional learning materials into interactive exercises with embedded audio and video, enriching the learning experience. Additionally, Kahoot! gamifies the learning process, making assessments engaging through quizzes and competitions that reinforce knowledge retention.

Thus, modern ICT-based teaching methods contribute to optimizing the learning process by fostering active participation, improving assessment accuracy, and promoting independent analytical skills. The integration of these technologies ensures that cadets develop strong communicative competence, enabling them to operate effectively in international military cooperation.

TOOLS OF TEACHING SPECIAL ENGLISH-LANGUAGE TERMINOLOGY TO MILITARY TECHNICAL SPECIALISTS

N. Drob

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern innovations implementation in all branches of military science and technology, universal computerization lead to the new terminology emergence and an increasing its importance.

Foreign language training should not be separate from the professional competence formation of military specialists, but the teaching English terminology techniques are currently underdeveloped.

There are several productive tools for teaching terminology to future military specialists:

– case method, which includes: free discussions, directed discussions, group research work, written assignments and other activities.

– essay writing, which reflects the author's point of view and requires independent research. The aim of the essay is to develop such skills as independent creative thinking and written presentation of one's own thoughts.

– presentations writing. Future military technicians master presentation and briefing skills and the skills to capture key concepts, phrases, quotes, short textual information in writing.

– group learning, which includes a wide range of activities. One particular form, which has become widespread in recent years, is the teaching of one discipline by two teachers, one of whom is fluent in English and has an understanding of the discipline specifics.

The advantages of the teaching methods mentioned above are numerous, and their use contributes to the cadet's oral and written skills development in mastering

special foreign language terminology. The educational process should be based on a carefully considered combination of teaching tools, which are designed to provide a reliable language platform and further professional development.

INDEPENDENT WORK ORGANIZATION IN THE PROCESS OF LEARNING MILITARY ENGLISH

A. Shulha

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern training of military sector specialists in higher education institutions is designed to ensure the acquisition of systemic knowledge, development of professional skills and abilities that form the basis of training and formation of readiness to perform professional duties at a high level.

The organization of the educational process should ensure a constant, active and motivated position of auditory in learning through the systematic implementation and use of interactive communication technologies.

It is the comprehensive use of interactive learning at all stages of the educational process that will ensure the effectiveness of learning and contribute to the formation and maintenance of motivation to study a foreign language for professional needs, taking into account the peculiarities of organizing the educational process under martial law.

Independent work, which is based on the implementation of interactive teaching methods, significantly increases the effectiveness of the development of speaking skills and can be organized both individually and in a group form, while the assessment of the tasks is carried out through self-control, peer supervision, as well as control by the teacher.

The forms of independent work have to be graded depending on the level of independence in completing tasks and the role of the teacher whose main task is to provide the students with methodological materials, tasks and instructions for their implementation, as well as to choose effective forms of organizing independent training work.

Organized independent work will definitely ensure the formation of all components of professional competence and help maintain motivation to study English consistently, effectively and fundamentally.

USING EFFECTIVE LANGUAGE LEARNING METHODS IN MILITARY ENGLISH

N. Petrova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern Armed Forces require their specialists to have deep knowledge and skills in the field of foreign languages, especially English military terminology. High requirements for the military training include improving the quality of language education for students, which can be done by reforming inefficient teaching methods.

To enhance the effectiveness of teaching military English, university faculty should:

analyse their practical application;

make orientation on the development of communication skills in real military situations;

provide role-playing games, simulations of combat conditions and team briefings;

create scenarios for teamwork using military terminology.

The introduction of foreign experience will increase the effectiveness in the foreign language training. First, focus on completing real-world tasks that mimic military operations. Learners use English to solve problems, give orders, conduct briefings, or participate in operational planning exercises. Second, total immersion helps learners internalize the language naturally. Field exercises conducted entirely in English replicate authentic scenarios where English is the only means of communication. Third, combining traditional classroom instruction with digital learning tools increases engagement and retention.

Therefore, the purpose is to determine the main features of the introduction of foreign experience. The combination of theory and practice contributes to better learning of language skills.

Effective language learning for service men requires adaptive and task-oriented methods like in real-life operations. By incorporating immersive experiences, contextual vocabulary acquisition, and practical communicative techniques, military men can achieve the proficiency necessary for success in defense environments.

ENGLISH AS A KEY TOOL FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF UKRAINE'S INTERACTION WITH INTERNATIONAL PARTNERS IN THE MILITARY SPHERE

L. Sazanova

Kharkiv National University of Internal Affairs

The development of cadets' foreign language skills at higher military education institutions and military personnel is aimed at deepening the professional orientation in mastering language competence during the performance of official tasks, especially international cooperation during the period of the full-scale invasion of the Russian Federation into Ukraine. In 2023, the President of Ukraine Volodymyr Zelenskyi signed a law officially establishing English as one of the languages of international communication in Ukraine. The document lists the categories of persons who must necessarily know the English language. Military servicemen of the officer ranks belong to this category.

The main task is to overcome the language barrier which is achieved through systematic intensive classes and increased motivation. During the war, the English language becomes very important for Ukraine, especially in the military sphere because there is communication with international partners where correct understanding is necessary, and the use of Western weapons requires thorough knowledge of English. Due to the systematic study of English at language training courses at various military institutions of higher education of Ukraine many officers managed to overcome the language barrier, gained a high level of knowledge and motivation to improve their speaking skills daily while performing their functional duties. Modern intensive teaching methods which are used by the teaching staff of many foreign language departments of universities allow servicemen to master the English language with the possibility of further enrichment of professional language competence.

TEACHING ENGLISH WITH MOODLE DURING WARTIME

V. Chetvertak

Serhiy Korolyov Zhytomyr Military Institute

The matter of safety of the learning process is of particular relevance with military educational institutions, which are regularly subject to enemy attacks. Cadets and educators are forced to relocate and switch to remote or mixed format of studies. Online learning seems to be the easiest solution under the circumstances. To meet the challenges of the wartime, the Serhiy Korolyov Military Institute uses Moodle, a learning platform which was approved as the core platform for distance learning in the Armed Forces of Ukraine. Moodle has become quite popular in the world as a tool enabling to create dynamic courses, practical seminars and trainings. The platform is licensed in a way that it may be accessed from a smartphone, laptop or any other similar device. Teachers can create interactive educational courses for self-studying, tests, organize practical online sessions, upload educational literature, methodical recommendations, timetables, etc. Yet, there are some things to be considered. The platform itself is not enough to provide a qualitative education. It must be augmented by other forms of education. It is very much time consuming in terms of task preparation. The work on the platform is very much dependent on the external factors, such as availability of the Internet, blackouts, etc. Another important issues are limited amount of live communication, lackluster student participation and cheating.

Nevertheless, Moodle can be viewed as a way to introduce innovations into the learning process.

ОСОБЛИВОСТІ КОМП'ЮТЕРНОГО ТЕСТУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ З ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

I.A. Підлужна

Національна академія Національної гвардії України

Проблема ефективної організації контролю у процесі навчання є однією з найактуальніших у методиці викладання іноземних мов. Добре організований контроль навчальних досягнень дає змогу викладачу не лише оцінити їхні знання та уміння, а і повторити і систематизувати матеріал та вчасно виявити прогалини у засвоєнні навчального матеріалу.

Електронні технології значно полегшують процес організації контролю якості іншомовної підготовки та дають можливість реалізувати основні дидактичні принципи контролю навчання: принцип індивідуального характеру перевірки й оцінки знань; принцип системності контролю; принцип тематичності; принцип диференційованої оцінки успішності навчання; принцип однаковості вимог. Комп'ютерне тестування дозволяє здійснювати перевірку знань одночасно значної кількості здобувачів вищої освіти, а це дає змогу заощадити аудиторний час для інших форм роботи на занятті.

До переваг комп'ютерного тестування слід віднести диференційованість, оскільки тести містять завдання різного рівня складності, а також індивідуалізацію, завдяки можливості реалізації функції самоконтролю: тестування можна здійснювати протягом вивчення дисципліни, активізуючи чи видаляючи окремі питання чи цілі теми. Комп'ютерне тестування сприяє формуванню рефлексії власної навчальної діяльності, зосереджує увагу

здобувачів освіти на осмисленні змісту відповіді, а не її відтворенні, підвищує зацікавленість слухачів навчально-виховним процесом.

Комп'ютерне тестування передбачає і певні проблемні аспекти, наприклад, ймовірність випадкового вгадування відповідей; легко помилитися через неуважність (зайвий пропуск – помилка); відсутність безпосереднього контакту між викладачем і здобувачами вищої освіти, що підвищує ймовірність впливу випадкових факторів на результат оцінювання; неможливість у повному обсязі оцінити творчі здібності здобувачів освіти.

Отже, комп'ютерне тестування дає змогу не тільки полегшити процес контролю та здійснити об'єктивне оцінювання рівня навчальних досягнень здобувачів освіти, а й визначити успішність кожного окремого здобувача та його індивідуальний прогрес у формуванні професійної іншомовної компетентності.

РОЛЬ ТВОРЧИХ МЕТОДІВ У ФОРМУВАННІ МОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Д.В. Буць

*Національна академія державної прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького*

Використання традиційних методів навчання не завжди дозволяє досягти належного рівня підготовки військовослужбовців, тому все більшої популярності набувають такі творчі методи як рольові ігри, сторітелінг, драматизація та мультимедійні технології.

Одним із найбільш ефективних творчих методів у навчанні військовослужбовців є рольові ігри. Вони дозволяють майбутнім офіцерам змодельовати реальні ситуації, які можуть виникнути під час виконання службових обов'язків. Наприклад, переговори з іноземними колегами, допити або ведення інструктажу.

Ще одним ефективним методом є сторітелінг. Використання історій із військової практики сприяє кращому розумінню лексики та контексту її застосування. Наприклад, аналіз реальних бойових операцій англійською мовою дозволяє курсантам не лише засвоїти нову лексику, а й навчитися правильно висловлювати свої думки під час обговорення подібних ситуацій.

Драматизація як метод навчання також має значні переваги. Військовослужбовці можуть виконувати ролі командирів, підлеглих, представників інших держав, що дозволяє їм покращити навички публічного мовлення, аргументації та ведення діалогу в рамках військової термінології.

Окрім цього, використання мультимедійних технологій, таких як віртуальна реальність (VR), відео- та аудіоматеріали, також забезпечують додаткові можливості для занурення у мовне середовище. За допомогою таких технологій можна створювати тренувальні сценарії, які імітують умови реальних бойових дій, миротворчих місій або кризових ситуацій.

Тому, можна зробити висновок, що використання творчих методів у викладанні іноземних мов військовослужбовцям дозволяють зробити процес навчання більш ефективним, цікавішим та наближеним до реальних умов військової служби.

ІНОЗЕМНІ МОВИ ЯК ІНСТРУМЕНТ У БОРОТЬБІ З МІЖНАРОДНИМ ТЕРОРИЗМОМ

*О.М. Гончарук, к.філол.н.; В.Д. Кочин
Харківський національний університет внутрішніх справ*

Іноземні мови відіграють важливу роль у боротьбі з міжнародним тероризмом. У сучасному світі, де інформація поширюється миттєво, знання мов стає важливим інструментом для правоохоронних органів. Вміння спілкуватися різними мовами дозволяє швидко обмінюватися інформацією з міжнародними партнерами. Це особливо важливо в контексті проведення спільних операцій та розслідувань.

Знання іноземних мов допомагає аналізувати матеріали, пов'язані з терористичною діяльністю. Багато терористичних угруповань використовують різні мови для спілкування, що робить їхні дії менш впізнаними. Розуміння цих мов дозволяє виявляти загрози на ранній стадії. Крім того, мовна підготовка сприяє кращому розумінню культурних особливостей, що важливо для ефективної взаємодії з місцевим населенням.

Правоохоронці, які володіють іноземними мовами, можуть ефективніше проводити допити та збирати інформацію. Це також допомагає розробляти стратегії запобігання нападам. Мовна підготовка стає важливою частиною навчання співробітників, які працюють на міжнародному рівні.

Важливим аспектом є робота з відкритими джерелами інформації. Багато терористичних організацій активно використовують Інтернет і соціальні мережі для поширення своєї ідеології. Знання мов дозволяє аналізувати контент і виявляти можливі загрози.

Таким чином, іноземні мови стають невід'ємною частиною боротьби з міжнародним тероризмом. Вони допомагають збирати та аналізувати інформацію, взаємодіяти з міжнародними партнерами. В умовах глобалізації знання мов стає необхідним для ефективної роботи правоохоронних органів. Це не тільки підвищує оперативну готовність, але й сприяє створенню безпечнішого світу.

ПЕРЕВАГИ ЧИТАННЯ ЗАРУБІЖНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПРИ ВИВЧЕННІ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

*Т.М. Кальченко; Н.Л. Горбач; Ю.М. Бортник
Харківський національний університет внутрішніх справ*

Великий недолік навчальних програм в немовному навчальному закладі полягає в тому що кількість годин на вивчення будь якої іноземної мови обмежена. Тому викладачі іноземної мови задаються питанням як долучити своїх учнів до вивчення мови в позааудиторний час. Тут на допомогу приходять читання зарубіжної літератури. Регулярне читання покращує знання англійської мови, а також пришвидшує її вивчення. Доведено, що люди, які намагаються читати іноземною мовою, дуже швидко її опановують, включаючи не лише прості розмовні словосполучення, але й складні лінгвістичні звороти. Крім того, спрощується вивчення орфографії, а також синтаксису, який суттєво в англійській мові відрізняється від української. Зараз в сучасному світі існує багата кількість можливостей для вивчення будь якої іноземної мови, Але як показує практика, читання, як і раніше,

залишається дуже корисною навичкою та засобом вивчення англійської мови та має багато переваг, на які треба звертати увагу, саме:

1. Збільшення словникового запасу. У книзі лексика завжди знаходиться в контексті, тож ви її не забудете, а запам'ятовуєте ситуації, в яких її слід застосовувати.

2. Запам'ятовування правопису і пунктуації, оскільки читання активізує зорову пам'ять.

3. Активізація пасивного словникового запасу. Слова й конструкції, які ми часто використовуємо у своєму мовленні, – це активний словник, а ті, які знаємо, але не використовуємо, – пасивний. Під час читання ми його активізуємо, збагачуючи свою мову.

4. Використання граматики на практиці. У процесі читання ви наочно бачите, як вживати граматичні конструкції, які раніше вивчали в теорії і розрізнено, а тут вони, знову ж таки, в контексті.

5. Розширення кругозору.

СЕКЦІЯ 22

МОВНА ПІДГОТОВКА ТА СЕРТИФІКАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ ФАХІВЦІВ

Керівники секції: к.т.н. доц. полковник Бекіров А.Е.;
к.філол.н. пр. ЗС України Волкова М.С.
Секретар секції: к.п.н. доц. пр. ЗС України Єрстова-Михалусь І.Б.

LANGUAGE TRAINING FOR TECHNICAL SERVICES AND ENGINEERS IN THE AVIATION SECTOR

A. Bekirov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

M. Volkova², Candidate of Philological Sciences

¹Ministry of Defence of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Language training for technical services and engineers is a key element in ensuring effective operations and safety in the aviation sector. It includes: importance of language training (Mastery of English is critical for technical services and engineers in the aviation sector as it ensures accuracy and efficiency in performing technical tasks and aircraft maintenance); international standards and requirements (Technical personnel and engineers must meet the international language training standards set by ICAO to ensure proper communication and interaction with other aviation professionals); reading and understanding technical documentation (The ability to read and comprehend technical manuals, maintenance instructions, and other documents in English is essential for the proper execution of technical work); collaboration with international partners (Proficiency in English facilitates effective collaboration with international suppliers, aviation equipment manufacturers, and other partners); training programs and courses (Integrating specialized aviation English courses into training programs for technical services and engineers helps improve their communication skills and professional preparation); testing and certification (Regular testing of English language proficiency and obtaining relevant certifications ensure compliance with standards and enhance the competency levels of technical personnel); simulations and practical sessions (Using simulations and practical sessions allows technical services and engineers to practice language skills in conditions as close to real working situations as possible); cultural competence (Understanding cultural differences in communication improves interaction with international colleagues and clients, which is crucial in the global aviation sector); work safety and efficiency (A high level of English proficiency helps prevent technical errors and incidents that may arise due to misunderstandings or communication problems); continuous improvement (Technical personnel and engineers must continuously improve their language skills through ongoing learning and practice to maintain a high level of professional preparedness); feedback and development (Regular feedback on language skills and conducting corrective sessions help technical services and engineers maintain a high level of communication competence).

These aspects highlight the importance of language training for technical services and engineers in the aviation sector, which enhances professional skills, safety levels, and efficiency in the international aviation environment. Key areas of language training are understanding technical documentation (Technical specialists must be able to read, interpret, and apply English-language technical instructions,

manuals, and standards); communication with international suppliers and manufacturers (Engineers and technical services need to effectively communicate with international suppliers and equipment manufacturers to resolve technical issues and discuss supply details); interaction with international teams (Knowledge of English allows technical specialists to collaborate with engineers and technicians from different countries, which is vital for joint projects and knowledge exchange); safety and standards (Proficiency in English helps adhere to international safety standards and comply with requirements set by aviation regulatory bodies); training and professional development (Technical specialists can participate in international training and seminars, contributing to their professional development and skill enhancement); testing and certification (Regular testing of English language proficiency helps maintain a high level of competence and meet international requirements); adaptation to new technologies (Knowledge of English enables engineers to quickly master new technologies and innovations introduced in the aviation industry); documentation and reporting (Technical services must be able to write reports, maintain documentation, and correspond in English, which is essential for international cooperation and audits); intercultural communication (Knowledge of English helps understand cultural differences and fosters more effective communication with colleagues from different countries).

Main Directions of Language Training are studying specialized technical vocabulary and terminology used in the aviation sector, conducting practical sessions on reading technical manuals, writing reports, and handling technical correspondence in English, using simulation trainers to model real situations and practice communication skills, participating in international training sessions, seminars, and conferences conducted in English and utilizing online resources and platforms for learning aviation English.

Language training for technical services and engineers is critically important to ensure safety, efficiency, and international cooperation in the aviation sector. Proficiency in English allows specialists to be competitive in the global market, quickly adapt to new technologies, and comply with international standards.

OVERCOMING THE CULTURAL BARRIER IN LEARNING ENGLISH

*I. Yerastova-Mykhalus, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Language is not just a set of words and grammar rules, it is deeply connected to the culture of its speakers. Understanding the cultural context is essential for achieving true proficiency. Without knowledge of the cultural nuances, learners may find it difficult to communicate effectively, even if they have a strong grasp of grammar and vocabulary. Overcoming cultural barriers is a key step toward mastering English, and it involves more than just learning words, it requires an understanding of the cultural values, historical context, and social norms that shape the language.

Encouraging intercultural communication is one of the effective ways to overcome cultural barriers. Through this experience, learners become familiar with how English is used in everyday conversations, including slang, idiomatic expressions, and cultural references. Moreover, overcoming cultural barriers also

involves challenging stereotypes and cultural biases that is why it is important for educators to address these biases and promote an open-minded, inclusive learning environment.

Modern technology also provides an invaluable tool for overcoming cultural barriers. Digital platforms, such as social media, language exchange apps, and online courses, allow students to engage with native speakers and learn about different cultural practices. Through these platforms, learners can gain first-hand insights into the everyday lives of English speakers, helping them not only improve their language skills but also deepen their cultural understanding.

In conclusion, it is important to emphasize that overcoming cultural barriers in the process of learning English is an essential part of becoming a proficient speaker. By integrating cultural understanding into language lessons, encouraging intercultural communication, and addressing stereotypes and biases, learners can achieve fluency not just in language, but also in the cultural context that surrounds it.

TEACHING AVIATION ENGLISH IN ACCORDANCE WITH THE ICAO REQUIREMENTS TO MILITARY PILOTS AND CONTROLLERS - PROBLEMS AND SOLUTIONS

*O. Zelenska, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Language training in aviation has specific goals, content, proficiency criteria, conditions of use, and professional and personal characteristics that distinguish it from language teaching in any other field of human activity: the language uses a very specific set of vocabulary, expressions and functions; operational efficiency, not linguistic accuracy, is the final criterion by which proficiency is assessed; communication is mainly oral.

The development of an effective aviation curriculum should be guided by the constraints and limits set by the ICAO language regulations that define the objectives of the curriculum. These objectives, as described in the ICAO Language Proficiency Requirements (Doc 9835), address the language used in radiotelephony. Between the very narrow focus of standardised phraseology and the very wide range of spoken aviation topics is the realm of plain English in an operational context. This is the language required to effectively deal with all non-standard or emergency situations faced by pilots and controllers for which standardised phraseology is insufficient.

Pilots and air traffic controllers are two sides of the same coin in the radio telephony. However, the areas of specialised knowledge and the variety of situations they are exposed to are different; as a result, it may be preferable to use a different curriculum for each group. For example, it may be more appropriate for aviation English training for pilots to cover a wider range of operational situations as pilots are also expected to interact with other crew members and describe flight conditions in more detail. On the other hand, the language used in ATC may be more developed during controller training.

DEVELOPING PROFESSIONAL LINGUISTIC SKILLS THROUGH INTEGRATION OF TASK-BASED APPROACH

*A. Savytska, Candidate of Pedagogic Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force University*

Ever-growing needs for servicemen's communicative competence and demands of reality for competitive military specialists capable of effective cooperation with foreign partners task English language teachers with the goal of developing a range of skills that would empower cadets with both technical vocabulary and workplace communications skills.

To bridge the gap between classroom learning and real-world professional requirements there should be a noticeable shift in focus towards a more competency-based approach to vocational English instruction.

Sole memorization of vocabulary and grammar rules should yield to a more engaging and productive learning environment through integration of task-based and project-based learning methodologies. Authentic workplace tasks and real-world scenarios that cadets will encounter in their professional lives should be based on hands-on approach which not only enhances language acquisition but also cultivates problem-solving abilities, teamwork skills, and real-world applicability, that is, soft skills. Task-based learning creates a dynamic learning environment that mirrors real-world scenarios and provides cadets with authentic contexts for language use enhancing the ability to apply their skills in practical situations.

Thus, a particular emphasis should be made on developing relevant educational materials to provide efficient means of English language instruction. Authentic texts and video films which provide invaluable source of targeted profession-related vocabulary in conjunction with task-based methods of teaching are believed to be a potent tool of developing cadets' linguistic competency relevant to the specific professional field to meet the requirements of cadets' future careers.

TEACHING AVIATION ENGLISH IN CHALLENGING CIRCUMSTANCES

*A. Koval
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Teaching Aviation English in challenging circumstances, particularly during wartime, presents unique difficulties that require innovative strategies. Teachers face challenges such as large class sizes, unstable Internet connections, psychological stress among learners, and limited access to resources. Despite these complications, effective strategies can be employed to ensure meaningful language acquisition.

One of the key approaches in large classes is the implementation of blended learning. Given the disruptions caused by war, asynchronous learning materials, such as pre-recorded lectures and interactive modules, allow students to study at their own pace. Additionally, the use of mobile-friendly applications ensures continued engagement, even in areas with unreliable Internet access. Interactive and student-centered methods are particularly useful in large classes where individual attention is limited. Task-based learning and communicative language teaching help aviation students develop the necessary linguistic skills. Techniques such as choral drilling, think-pair-share, dictogloss, jigsaw texts, and running dictation can enhance instructional methods, increase learners' engagement, and facilitate classroom management in large-group settings.

Lastly, adapting assessment methods is essential. Traditional exams may not be viable in unstable conditions, so teachers can implement alternative evaluation strategies, such as recorded oral assessments, project-based assignments, and peer reviews. These methods not only accommodate the challenges of wartime education but also better reflect real-life aviation communication needs.

THE INTEGRATION OF GAMIFICATION IN TEACHING AVIATION ENGLISH

N. Zhuravlyova

Ivan Kozhedub Kharkiv National University of Air Force

Aviation is a global industry that operates in a high-stakes environment where effective communication is critical. The aviation industry demands precise and effective communication to ensure safety and operational efficiency. To address linguistic barriers, the ICAO has mandated standardized English proficiency levels for pilots and air traffic controllers. Aviation English, a specialized branch of English for Specific Purposes (ESP), plays a pivotal role in bridging linguistic gaps among professionals from diverse linguistic backgrounds. Aviation English encompasses both standard phraseology and plain language skills, requiring a comprehensive approach to teaching. Traditional teaching methods, while effective, often fail to engage learners or address the unique challenges of aviation-specific scenarios. Gamification, the application of game design elements in non-game contexts, has emerged as a promising pedagogical approach to revolutionize education. The integration of gamification in teaching Aviation English may enhance learning outcomes, engagement, and retention. By leveraging game-based elements such as points, leaderboards, and interactive challenges, educators can create dynamic and immersive learning environments. Gamification leverages intrinsic and extrinsic motivators, fostering active participation and sustained engagement. Studies across various disciplines highlight its effectiveness in enhancing cognitive and emotional aspects of learning. However, its application in highly specialized fields like Aviation English remains underexplored.

Teaching Aviation English involves addressing several challenges:

contextual relevance: striking a balance between general English proficiency and the specialized language needs of aviation;

engagement: keeping learners motivated during repetitive yet essential communication drills;

assessment: ensuring the evaluation of language skills aligns with ICAO's language proficiency standards.

Incorporating gamification into Aviation English training can enhance learning using:

simulation-based learning: integrating communication tasks into flight simulators for realistic practice;

scenario-based challenges: using role-playing exercises to simulate both routine and emergency situations;

interactive quizzes: employing gamified tests to assess knowledge of standard phraseology and plain language;

leaderboards and rewards: promoting competition and rewarding achievements to boost engagement;

mobile learning apps: providing convenient, on-the-go practice tools with features for tracking progress.

Preliminary findings suggest that gamification significantly enhances learner engagement and retention. Participants reported increased confidence in handling aviation-specific scenarios and improved adherence to ICAO communication standards. Challenges include technological constraints and the need for instructor training to implement gamified methods effectively. Gamification offers a transformative approach to teaching Aviation English, fostering deeper engagement and practical application of skills. By addressing both linguistic and cognitive demands, it can bridge gaps in traditional methods and prepare aviation professionals for real-world challenges. Future research should focus on longitudinal studies to assess the long-term impact of gamified learning.

INTEGRATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS

V. Velychko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The digital development of our society presents both challenges and opportunities for the integration of innovative technologies in the educational process to enhance their overall efficiency.

Artificial Intelligence (AI) is transforming the teaching English for Specific Purposes (ESP), particularly in fields like Aviation and Military Aviation. It personalizes the learning experiences by generating specific materials, such as reports, emails, and technical manuals, which mirror real-life tasks. This approach helps cadets build practical communication skills by engaging with authentic, job-relevant content.

AI tools also support learners in mastering standardized terminology by offering contextualized translations, glossaries, and interactive exercises. For instance, in Aviation English, Artificial Intelligence can simulate realistic scenarios, such as communication between pilots and air traffic controllers, allowing cadets to practice their language accuracy and fluency, which is essential for operational safety.

Additionally, Artificial Intelligence improves pronunciation and listening skills by providing personalized feedback and creating audio materials focused on standardized lexis. Gamification features motivate learners, and make the process of learning English more engaging and productive.

For educators, Artificial Intelligence simplifies lesson preparation by designing structured content and appropriate activities. While AI is a powerful tool for enhancing ESP instruction, its use must remain ethical and balanced to ensure cadets develop essential critical language skills and maintain academic integrity.

In conclusion, modern and widespread technology as AI must be integrated responsibly into the educational process to maximize its benefits while preserving educational quality and integrity.

CHALLENGES AND SPECIFICS OF ONLINE TESTING IN AVIATION ENGLISH ACCORDING TO ICAO REQUIREMENTS

K. Misailova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Effective communication is critical in aviation, where misunderstandings can lead to severe operational risks. With the rise of online testing platforms, aviation language assessments must maintain accuracy, reliability, and fairness while

addressing challenges such as remote proctoring, security risks, and technological limitations.

Traditional in-person assessments typically involve listening tasks, simulated radiotelephony communication, and examiner-led interviews. Online testing must replicate these components while ensuring test-taker authenticity and preventing fraud.

To enhance the effectiveness of online aviation English testing, test providers should:

- implement multi-layered security protocols (AI proctoring, biometric ID checks, and live monitoring);

- ensure a balance between automated evaluation and human assessment, particularly for interaction-based skills;

- develop realistic aviation scenarios using simulated ATC communications, role-playing exercises, and adaptive testing;

- optimize testing platforms for global accessibility, considering bandwidth limitations and technical support;

- provide examiner training for online assessments, ensuring consistent and fair evaluations across candidates.

As aviation communication remains a critical safety factor, refining online testing methods will be essential for future-proofing language proficiency assessments in the aviation industry. By integrating advanced AI technologies with expert human evaluation, testing providers can ensure ICAO compliance while maintaining test validity.

THE INFLUENCE OF TEACHERS' MOTIVATION ON STUDENTS' ACQUISITION OF AVIATION ENGLISH IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

S. Denisova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Nowadays, in Ukraine, the motivation of academic staff is an important and relevant topic in the field of teaching and higher education. Teachers' motivation has a significant impact on students' progress and their ability to learn and use aviation English professionally in the appropriate context. This issue can be analyzed through several aspects. The main is teacher enthusiasm and engagement i.e. motivated teachers display enthusiasm, making lessons more engaging and inspiring students to participate actively. A motivated teacher creates an environment conducive to language acquisition, fostering curiosity and willingness to learn. Moreover, teachers' passion for aviation English motivates students to value its importance in their future careers. Motivated teachers are more likely to employ innovative teaching techniques and technology, such as simulators, role-playing, online platforms, virtual reality and augmented reality tools, task-based learning, which are particularly effective in aviation contexts and enhance language practice in realistic scenarios. For example, such tools as VATSIM, Airline2Sim, Flightradar24. Motivated teachers seek to deepen their understanding of both aviation and English to be sure that their teaching reflects current industry standards and terminology. Students are more likely to persevere in mastering challenging content when their teachers show genuine interest in their progress and success. A teacher's intrinsic motivation to teach aviation English can inspire similar intrinsic motivation in

students to learn it. Moreover, educators who highlight the real-world importance of aviation English can help students see the direct benefits of mastering the language, such as career advancement and safety compliance.

A motivated teacher not only enhances the learning experience but also significantly improves students' aviation English mastery by creating a dynamic, relevant, and supportive educational environment tailored to the unique demands of aviation communication.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF FOREIGN LANGUAGE STRATEGIC COMMUNICATION ON INTERCULTURAL TOLERANCE AND ETHICAL STANDARDS OF MILITARY OPERATIONS

I. Zhuk; V. Zhuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The modern world is under the influence of globalisation. It is no secret that officers no longer only defend the country but also carry out peacekeeping missions. The use of foreign language strategic communication in military operations can play a significant role in shaping intercultural tolerance and ethical behaviour of participants.

An important component of the definition of 'strategic communications' is to understand it as an influence that contains truth, a commitment to credibility, and should be identified with 'virtuous beliefs'.

According to NATO representatives, strategic communications can be viewed as 'the coordinated use of the subject's communication capabilities (public relations, military public relations, public diplomacy, information and psychological operations) in order to adequately respond to a specific military and political situation and achieve the relevant goals'. The issues that ensure the creation of an effective system of strategic communications in Ukraine are based on the identification of the main directions and effective coordination of strategic communications actors in systems of different levels of hierarchical structure, target orientations, decision-making and sustainability.

Tolerance in the context of strategic communication is, first of all, a respectful attitude to the diversity of cultures in the world, to the cultural characteristics of the communication partner, to different norms of behaviour and expression of thoughts from one's own.

Therefore, analysing the impact of foreign language strategic communication on intercultural tolerance and ethical standards of military operations, we can identify the general characteristics of the concept we are looking for, since strategy is a conscious plan of action aimed at achieving a specific communicative goal of communication, hence such characteristics of strategy as consciousness and planning.

LINGUISTIC AND DIDACTIC ASPECTS OF AVIATION ENGLISH

S. Lotoshnikova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Aviation English, a specialized subset of English for Specific Purposes (ESP), is essential for ensuring safety, efficiency, and effective communication in the global aviation industry and in military aviation.

The linguistic features of Aviation English are designed to ensure clarity, brevity, and standardization and can be broadly categorized into vocabulary, syntax, phonology, and discourse. The controlled vocabulary minimizes the risk of miscommunication. Predictable syntax patterns like "Request vectors", "Ready for landing", etc. reduce cognitive load and ensure consistent understanding. Pronunciation plays a critical role in noisy environments of radio telephony. Integral elements of the discourse such as readbacks, confirmation, and turn-taking should also be taken into consideration.

The didactic aspects can be analyzed in terms of curriculum design, instructional strategies, and assessment methods. The curriculum design should address both terminology and plain English to enable pilots to react correctly in emergency situations. Teaching techniques must include a combination of theoretical and practical training methods, simulation-based training, role-playing, and real-time communication. Assessment should be objective and aligned with the purpose of the language courses.

By focusing on the unique linguistic features of Aviation English and adopting innovative teaching methods, teachers enable military pilots to meet the rigorous demands of their job.

PEER TO PEER TEACHING DURING ESL LESSONS: REALIZATION AND EFFECTIVENESS

K. Todorova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

It is frequent case that teachers have to deal with the academic groups which have greater number of cadets than it is supposed to be according to the communicative method requirements. It is when peer to peer teaching techniques appear to be appropriate and handy. Peer to peer teaching process is a way to make classroom activities more interactive, involve every member of an academic group into learning process and unload the teacher so that there is an opportunity to pay more attention to management, monitoring and ongoing assessment.

Peer teaching is defined as a suite of practices where peers instruct each other within a purpose-driven, meaningful interaction. It is considered that mature students who have already mastered ESL to some extent are more likely to benefit from such type of activities. On the one hand, cadets as adult students don't need such close control over discipline as younger learners. On the other hand, it is supposed that most of the cadets have already mastered the basics of the subject and will be more independent within the peer teaching process.

Benefits of peer to peer teaching include:

- Improving competence in the subject area;
- Immersing into independent academic atmosphere;
- Developing autonomous learning skills;
- Developing networking skills;
- Building confidence and self-esteem;
- Improving team working skills;
- Developing leadership qualities;
- Creating positive perception of the subject.

Disadvantages of peer to peer teaching comprise:

- Impossibility for cadets to convey the knowledge due to lack of experience and expertise;

- Reluctance to take active part in the teaching-learning process;
- Necessity to invest significant time and resources into preparation of specific materials for the type of teaching;
- Resistance to being taught by peers due to communication issues, lack of trust and being unsure as for the reliability of the information provided.

Peer teaching is a useful technique which allows to boost creativity, independence and proactivity in cadets via the possibility to employ convenient techniques and methods of work which are individual for everyone. Although the process requires control and monitoring by the teacher, it still allows to increase productivity and reduce stress while achieving the goals set for the lessons.

GAMIFICATION IN FOREIGN LANGUAGE LEARNING: BENEFITS AND CHALLENGES

K. Borysenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In the digital age, traditional teaching methods are being increasingly supplemented or even replaced by innovative approaches that engage learners more effectively. One of these approaches is gamification, which refers to the integration of game-like elements such as points, levels, badges, leaderboards, challenges, and rewards into non-game contexts, including education. In foreign language learning, gamification has gained widespread attention due to its potential to increase motivation, engagement, and overall learning efficiency. By transforming the learning process into an interactive and enjoyable experience, gamification can make language acquisition more dynamic and immersive.

Foreign language learning requires continuous practice, exposure, and engagement, which can often be challenging for learners. Many students struggle with motivation, especially when faced with complex grammar rules, extensive vocabulary memorization, and challenging pronunciation patterns. To address these challenges, educators have turned to gamification as an innovative strategy that enhances learner participation and retention. By leveraging game mechanics, students become more engaged in the learning process, making language acquisition feel less like a chore and more like an enjoyable experience.

This paper explores the benefits and challenges of using gamification in foreign language education. It examines how gamification influences learner motivation, engagement, and cognitive development while also discussing potential pitfalls such as over-reliance on rewards, the necessity for well-designed game mechanics, and technological limitations.

Benefits of Gamification in Foreign Language Learning

1. Increased Motivation and Engagement

One of the primary reasons gamification has been widely adopted in education is its ability to enhance motivation. Traditional learning methods, such as rote memorization and repetitive exercises, can become monotonous and discouraging. However, introducing game elements such as progress tracking, instant feedback, and competition creates a sense of achievement and progression, which keeps learners engaged. Studies have shown that students who engage with gamified learning tools demonstrate higher levels of intrinsic motivation compared to those using conventional methods.

2. Active Participation and Immersion

Gamification encourages active learning, where students interact with the language rather than passively receiving information. Many gamified applications, such as Duolingo, Memrise, and Kahoot!, offer interactive exercises, role-playing scenarios, and adaptive challenges that promote real-world language use. These elements help learners develop speaking, listening, reading, and writing skills in an engaging way.

3. Personalized Learning Experience

Gamified learning platforms often incorporate adaptive learning technologies, which adjust the difficulty level based on individual progress. This ensures that students remain challenged but not overwhelmed, allowing for a customized learning experience. Unlike traditional classroom settings, where students follow a fixed curriculum, gamification allows for self-paced learning, catering to diverse proficiency levels and learning styles.

This paper concludes that while gamification has immense potential in foreign language education, its success depends on thoughtful implementation and continuous adaptation to learners' needs. Future research should focus on long-term studies analyzing the impact of gamification on language acquisition and retention, as well as developing more inclusive and accessible gamified learning environments.

STRESS AS A FACTOR AFFECTING THE EFFECTIVENESS OF THE LEARNING PROCESS IN WARTIME CONDITIONS

V. Savytska

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Military actions can cause significant emotional stress among cadets, which may substantially impact their ability to effectively learn aviation English.

Stress can lead to fatigue and exhaustion, limiting the energy reserves needed for active learning. It can have a significant effect on memory and cognitive functions, making it more difficult to absorb new linguistic material. Under stress, the formation of language skills may be altered, leading to difficulties in communication and learning specific aviation terminology. Stress can cause distraction and reduce cadets' ability to concentrate on their studies. Emotional stress may cause insecurity and hesitation in communication, especially in a foreign language. Additionally, stress can lead to a loss of motivation and willingness to learn new language material.

Possible ways to minimize the impact of stress factors include:

- providing psychological support and counseling for cadets to mitigate the negative effects of stress;
- creating favorable learning conditions and opportunities for emotional balance recovery;
- teaching cadets self-regulation and stress management techniques to maintain emotional stability;
- establishing an environment that encourages interaction and peer support among cadets to share experiences and overcome stress.

Stress significantly affects the effectiveness of the learning process, especially in wartime conditions. It is crucial to implement psychological support, create a favorable learning environment. By addressing these challenges, cadets can enhance their cognitive abilities, maintain motivation, and improve communication skills, which are essential for their future professional activities.

THE NEEDS OF AIR CADETS IN A FOREIGN LANGUAGE COURSE

I. Horbov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In August 2020, Wanicha Siraranghom (Humanities and Social Science Department, Royal Air Force Academy, Bangkok, Thailand) conducted a large study about the needs of air cadets in English courses.

Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy (NKRAFA) prepares officers for the Royal Thai Air Force (RTAF). It is a boarding school for male cadets. There are six departments in the engineering faculty (aeronautical, civil, industrial, mechanical and electrical) and two departments in the science faculty (material and computer sciences). The cadets are required to complete both military and academic programs to obtain a bachelor's degree.

English language is a compulsory subject in every semester from the 1st year to the 4th year. The English courses vary in each year of study. For example, in the 1st year, freshmen cadets study English courses for everyday life. Sophomore cadets learn English that relates to cultures. Junior cadets study aviation English, and Senior cadets study military English courses. One of the main objectives of all courses is to develop students' communicative skills in English.

Data on demands were collected by using questionnaires and semi-structured interviews. Cadets were asked to fill out a needs analysis questionnaire relating to course content, teaching methodologies, and activities.

The analysis of data revealed that the cadets needed to study with a good-natured teacher who did not place them in stressful situations and who didn't focus too much on scores and textbooks. They needed a teacher who provided equal opportunities for everyone to speak and who could apply authentic materials to classroom learning activities. They also needed to learn English conversation in various contexts such as everyday life, military situations, presentations, and when attending international conferences. Adequate time for practicing was also needed.

The responses of the cadets indicated that content, time, feedback, environment, and teacher are important factors in meeting their needs in English course.

Let's have a close look at 3 of them:

Content: They needed content that was related to conversations about daily life, briefings, negotiations in various situations, and language used in military missions. In addition to that, the cadets reported that movies, songs, and TV programs (authentic sources) motivated them to learn because of their interest in these activities.

Time: The cadets claimed that they needed more time to prepare (review/rehearse) before engaging in speaking activities in the classroom. They felt pressured with military and physical training, and other academic studies and did not have adequate time to prepare and practice before and after classes.

Teachers: Besides planning and implementing effective learning activities, teachers have to understand the personality, condition and limitations of individual cadets. Moreover, teachers should have good rapport with the cadets because a positive learning environment can be created by kind and supportive teachers. The cadets were stressed in many learning activities, so they needed to study with relaxed teachers who were not focused only on scores.

The study shows that teaching language to air cadets needs more than just the basics. They want teachers who are supportive and easy to approach, and who focus on actually using the language, not just getting good grades. A relaxed, positive classroom helps them feel confident and want to participate. Plus, the lessons need to be interesting and relevant to real life – things like everyday conversations, military situations, and dealing with people from other countries. Using real-world materials like movies and music is also a big plus.

СЕКЦІЯ 23

**МАТЕМАТИКА У ВІЙСЬКОВО-ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ ТА
ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ
ФАХІВЦІВ АВІАЦІЙНОГО ПРОФІЛЮ**

Керівники секції: к.т.н. доц. полковник Долгий Ю.С.;
к.т.н. доц. пр. ЗС України Фурсенко О.К.
Секретар секції: к.ф.-м.н. доц. пр. ЗС України Удодова О.І.

**FROM THE EXPERIENCE OF THE INTER-UNIVERSITY SCIENTIFIC
SEMINAR "MATHEMATICAL MODELING OF COMBAT OPERATIONS"**

Yu. Dolhyy¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Fursenko², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; N. Chernovol²
¹Training Command of Air Force Command of Armed Forces of Ukraine;
²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The report analyzes the achievements of the permanent inter-university seminar "Mathematical Modeling of Combat Operations" and considers promising directions for its further work.

The main task of the seminar is to develop mathematical models that are as adequate as possible to combat operations in modern warfare and to implement them in the educational process of bachelors and masters of military specialties to improve the professional orientation of teaching mathematical disciplines.

The following issues were discussed during the seminar:

- 1) Lanchester combat models and probabilistic models based on Kolmogorov's equations and the relationship between them;
- 2) modeling of combat operations in two areas of collision with the possibility of redistributing resources in order to inflict the greatest losses on the enemy at a certain point in time;
- 3) modeling of combat operations in two areas of contact with the possibility of the possibility of redistributing resources and reserves for the same purpose as in point 1);
- 4) optimal planning of targets distribution coefficients of the active party for the purpose of the same objective as in point 1);

Further plans for the seminar are related to the development of optimization models of combat in n areas of collision and the consideration of the maximum number of parameters affecting the outcome of the battle in the objective function.

**FINDING THE SHORTEST ROUTE FOR A MILITARY UNIT
USING MS EXCEL**

O. Udodova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
S. Vovchuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The military unit must move from point V_1 to point V_8 . The territory is represented as a graph: the vertices V_2, V_3, V_4, V_5, V_6 and V_7 are strategic objects, and the edges are the roads between them. Each road has a weight (in this case, it is a distance in kilometers). The objective is to find the shortest route.

We will solve the shortest path problem in MS Excel using the built-in optimization tool, "Solver".

Calculate the sums of the elements in the rows and columns of the problem, given in the form of a table, and the sum of the products of the distance table by the binary values of the variables. In the dialog box, enter the cell of the objective function and the optimization value for the minimum; the cells of the variables and the constraints.

A binary constraint indicates that the values of the variables are 0 or 1. Inequality constraints indicate that where there are zeros in the distance table, there is no corresponding path, the solution will be 0. Row and column sums of variables less than or equal to one indicate that the columns of sums of variables have a maximum value of 1, i.e., a single path is selected. The equality of the corresponding cells to one indicates that we start from the vertex V_1 and reach vertex V_8 . Throughout the entire path, whichever vertex we arrive at, we must exit from that vertex.

The solution to the problem is obtained using the simplex method. All constraints and optimality conditions are satisfied.

AREA MODEL OF THE CONFLICT SITUATION WITH THE EXPANSION OF THE AREA IN THE COURSE OF THE BATTLE

*N. Chernovol; N. Lemesheva, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An important element in battle is carefully considered tactics. One of the tactics is to expand the area during the battle, which allows the conflicting parties to place combat units at a greater distance from each other. This should help ensure that the enemy, having a certain radius of action for every unit, will inflict less damage when shelling the area.

The authors of this paper test the described hypothesis by considering the area model of battle and generalizing it in comparison with the work of V.D. Konovalov and others in the case of expansion of the area by both parties to the conflict per unit of time by K -fraction of the part that remained undamaged at time t . The paper builds a mathematical model of the problem in the form of a system of two differential equations, provided that the area is expanded by the same proportions by both parties to the conflict, as well as if only one party expands the area. The solution to the problem is written out explicitly for any data of problem, and examples and conclusions are given.

In the future, it is planned to generalize the result to the case when the fractions of the area expansion per unit of time in relation to the surviving area are different for the two sides.

USING MICROSOFT EXCEL IN STATISTICAL ANALYSIS

*S. Vovchuk; O. Honcharova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Knowledge of the basic principles of probability theory is a necessary component for the development of mathematical models and statistical methods that significantly increase the efficiency of battle management, optimize the use of resources, assess the effectiveness of combat operations, minimize casualties, etc.

Methods of mathematical statistics are used in a variety of ways to improve the understanding of combat operations and to optimize their results. For example, statistical models help predict the possible consequences of combat operations. They are used to assess the probability of certain events, such as hitting a target, and to study parameters like the time between shots or the duration of the battle.

Therefore, one component of the mathematical training of cadets at the university is the study of theoretical elements of mathematical statistics and the acquisition of skills in processing statistical data. In practice, even in educational tasks, a significant amount of mathematical calculation is required, making manual calculations difficult. Microsoft Excel is a powerful tool for solving mathematical statistics problems thanks to its built-in functions, data analysis tools, and ease of visualization. Its usefulness lies not only in efficiently performing calculations, but also in providing tools for learning statistical concepts such as probability distributions, descriptive statistics, hypothesis testing, and regression analysis.

The thesis presents algorithms for solving typical problems in mathematical statistics using Microsoft Excel, focusing on the capabilities of Excel tools for effective visualization and interpretation of results. A particular focus is placed on how Excel's interactive tools not only simplify calculations but also facilitate the identification of non-obvious patterns in analytical data.

CLASSIC STOCHASTIC DUEL

*H. Bobrytska, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor; V. Biletska
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A stochastic duel is one of the types of stochastic combat models. In a classic duel two opponents A and B shoot in turns. Each time probability of killing for the first one is p_A , for the second is p_B similarly. Duelists have loaded weapon and unlimited ammunition supplies. Let a random variable X is number of shots. The duelist A shoots first. Then the law of distribution a random variable X is in the table 1.

Table 1. Random variable X distribution

| | | | | | | |
|-------|-------|-----------|---------------|-----------------|-------------------|-----|
| x_i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ... |
| p_i | p_A | $q_A p_B$ | $q_A q_B p_A$ | $q_A^2 q_B p_B$ | $q_A^2 q_B^2 p_A$ | ... |

Where q_A and q_B are probabilities of misfires A and B respectively.

Then the probabilities of winning A and B are calculating by formula

$$P(A) = \frac{p_A}{1 - q_A q_B},$$

$$P(B) = \frac{p_A p_B}{1 - q_A q_B}.$$

Mean of shots is

$$M(X) = \frac{p_A + p_A q_A q_B + 2 p_B q_A}{(1 - q_A q_B)^2}.$$

This model can be used in mathematics lessons in the military universities, especially for explanation of discrete distributions and its characters.

BOREL EXCEPTIONAL VECTORS FOR ENTIRE CURVES WITH LINEARLY DEPENDENT COMPONENTS

*Ya. Savchuk, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
O. Fursenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; N. Chernovol
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The paper is devoted to the description of the structure of the set of Borel exceptional vectors for a transcendental entire curve with linearly dependent components without common zeros. The structure of the set of Picard and Borel exceptional vectors for a transcendental p -dimensional entire curve with linearly independent components without common zeros was obtained previously. In particular, it was established that in a p -dimensional complex space the number of Borel exceptional vectors admissible in this space can be no more than p . It was proved that the set of Borel exceptional vectors together with the zero vector is a finite union of subspaces of dimension no higher than $p-1$ of the p -dimensional complex Euclidean space. In addition, the sum of the dimensions of all these subspaces does not exceed p and any pairwise intersection of these subspaces contains only the zero vector. The set of Picard exceptional vectors has the same structure. It is also known that the structure of the set of Nevanlinna exceptional vectors for a finite-order entire curve with linearly dependent components is similar to that of an ordinary finite-order entire curve.

We have shown that for the entire curve with linearly dependent components the number of admissible Borel exceptional vectors can be greater than the dimension of the space but not greater than a certain number which depends on the dimension of the space and the degree of dependence of the components. It is also proved that the set of Borel exceptional vectors in combination with the vectors orthogonal to the entire curve and the zero vector can be represented as a finite union of subspaces of dimension no higher than $p-1$.

MATHEMATICAL MODELLING OF HIGHLY ORGANISED COMBAT IN WOLFRAM MATHEMATICA

*H. Antonenko; H. Bobrytska, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Combat simulation plays an important role in strategic planning and operational management of military operations, as well as in assessing the combat effectiveness of military units. As early as 1916, the English engineer F. Lanchester identified three types of battle models. The highly organised combat model is a complex combat process that includes the interaction of different types of troops, the use of modern control systems, intelligence, etc. Its modelling requires a multi-level approach and complex mathematical methods.

In modern scientific literature, there are several approaches to mathematical modelling of highly organised combat:

1. Deterministic models based on systems of differential equations describing changes in the number, combat capabilities and resources of the parties (Lanchester model).

2. Stochastic models take into account randomness in combat processes.

3. Simulation models are used for detailed elaboration of battle scenarios at the level of staff planning.

4. Agent-based models, in which each combat element (unit, equipment, command) is modelled as a separate agent with its own decision-making logic.

Mathematical modelling of combat operations is a complex task because it involves a large number of variables, the interaction of various factors and the need for quick calculations. To solve such models, the use of computer technology allows for quick calculations and analysis of large amounts of information.

The paper considers the solution of a stochastic model of a highly organised battle using Wolfram Mathematics.

DETERMINATION OF THE ACCURACY AND CAPABILITIES OF AIR TRAFFIC CONTROL RADAR BY STUDENTS OF THE POLISH AIR FORCE UNIVERSITY

*S. Savchuk, prof., Ph.D.; A. Goś, mjr; J. Ćwiklak, prof., Ph.D.
Polish Air Force University (Deblin, Poland)*

The aim of this work is to present the use of tools and software by students of the Polish Air Force University in their work. The presents a methodology for determining the accuracy and capabilities of air traffic control radar. For this purpose, readings of the position of the GPS receiver, which was placed on board the aircraft, were used. A mandatory condition is the presentation of the results and conclusions of the research conducted.

The work consists of a practical part and a computational part. At the beginning, the student had to organize an aircraft flight, thanks to which he became familiar with the processes of organizing a flight at the airport. Then the flight was recorded by radar. This allows the student to become familiar with the work of air traffic control services. In the computational part, the received data on the aircraft position was converted to a common reference system. The next stage was to plot the flight route on a map of the area using GIS software. In the last stage of the work, the position errors determined by the radar were calculated and the cause of these errors was determined.

This method allows for a simple and cheap way to determine radar errors and radar blind spots. In the future, instead of an aircraft, a drone with a large radar cross section can be used.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПОНЕНЦІЙНОГО ЗАКОНУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ БОЄПРИПАСІВ ЗА ПЛАНАМИ ВИПРОБУВАНЬ [NUT] ТА [NUR]

*М.В. Ярмоленко, к.ф.-м.н., доц., В.О. Кузьменко; І.Ю. Яриш
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки*

Актуальність цієї доповіді зумовлена тим, що лише в березні 2024 року набув чинності ДСТУ В 15.206:2023, в якому вказано, що програму забезпечення надійності на стадії “розроблення” загалом вважають реалізованою, якщо виріб озброєння та військової техніки відповідає встановленим вимогам щодо надійності згідно з ДСТУ 3004-95.

Мета доповіді – порівняти вимоги НАТО та ДСТУ 3004-95 до надійності боеприпасів і розробити методики оцінювання безвідмовності боеприпасів за

планами випробувань [NUT] (тривалістю час T) та [NUg] (тривалістю до g-ої відмови).

Планування випробувань на надійність передбачає визначення початкового обсягу випробувань $N_{поч}$ для оцінювання показників надійності із заданою точністю P(T), тобто імовірністю безвідмовної роботи протягом часу випробувань T (план [NUT]), і достовірністю, тобто довірчою імовірністю, q.

ДСТУ 3004-95 передбачає такі значення: $P(T)=(0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 0,975)$ і $q=(0,8; 0,9; 0,95; 0,99)$. Стандарти НАТО передбачають такі значення для боєприпасів: $P(T)=(0,97; 0,98; 0,99; 0,997; 0,999; 0,9994)$ і $q=0,95$.

Стандарти НАТО та ДСТУ 3004-95 пропонують різні формули для обчислень, але результати обчислень кількості відмов співпадають з абсолютною точністю для $P(T)=(0,97; 0,98; 0,99; 0,997)$, і з точністю меншою 0,05% для $P(T)=(0,999; 0,9994)$, що математично доводить взаємну відповідність вимог стандартів НАТО та України щодо надійності виробів озброєння та військової техніки і, зокрема, боєприпасів.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В РОЗМІНУВАННІ

Н.М. Гузик, к.ф.-м.н., доц.; Р.А. Ковальчук, к.т.н., проф.;

Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доц.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Ефективне використання безпілотних літальних апаратів є важливою складовою сучасних військових операцій. Внаслідок широкомасштабного вторгнення Україна стала однією з найбільш замінованих країн світу. Враховуючи масштаб і щільність мінних загороджень, процес розмінування може тривати десятки років. Важливо зазначити, що цей процес є ще і дуже витратним. Щороку через невирішеність цієї проблеми гинуть десятки людей, як серед фахівців, так і серед мирних жителів. Тому, очевидно, що актуальними в умовах сьогодення є розробки нових та удосконалення існуючих БПЛА, призначених для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних об'єктів.

Математичні методи відіграють важливу роль у створенні та удосконаленні БПЛА, що використовуються для розмінування. Вони допомагають розв'язати проблеми точності виявлення мін, ефективності руху БПЛА та безпеки операцій. За допомогою диференціальних рівнянь моделюють динаміку польоту БПЛА, враховуючи сили, що діють на нього (тяжіння, аеродинамічний опір, вітрові потоки тощо). Це дозволяє оптимізувати траєкторії польоту, планувати шляхи для обходу небезпечних ділянок, коригувати висоту польоту в залежності від умов місцевості.

Для виявлення вибухонебезпечних предметів БПЛА оснащуються різними сенсорами. Особлива увага сьогодні зосереджується на математичних моделях (крайових задачах для рівняння дифузії) визначення концентрації випарів вибухових речовин з метою встановлення чутливості хімічних датчиків на БПЛА. У поєднанні з передовими технологіями ці методи можуть значно покращити процес розмінування та мінімізувати людські втрати в таких операціях.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНЕ ЧИСЛЕННЯ ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ ВІЙСЬКОВО-ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Л.Д. Величко, к.ф.-м.н., доц.; Н.М. Гузик, к.ф.-м.н., доц.;

Х.І. Ліщинська, к.т.н., доц.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Диференціальне числення є потужним математичним інструментом для розв'язання військово-прикладних задач. Одним із напрямків його застосування є моделювання руху снарядів, ракет тощо. В умовах сьогодення особливо актуальними є задачі дослідження руху снаряду в повітрі при різних значеннях кута прицілювання під дією сили лобового опору повітря, ваги снаряду і Кориолісової сили. Дослідження таких задач зовнішньої балістики є ключовим для точності артилерійських і ракетних атак.

Іншим важливим аспектом є застосування диференціального числення в системах навігації, де необхідно враховувати зміни напрямку та швидкості руху бойових одиниць. Диференціальні рівняння дозволяють точно обчислювати зміну координат об'єкта, враховуючи змінні фактори (вітер, погодні умови тощо). Застосування таких моделей дозволяє коригувати курс літаків, підвищуючи їх ефективність у бойових умовах.

Використовуючи методи диференціального числення, можна розв'язувати задачі оптимізації, що пов'язані з мінімізацією витрат часу чи максимізацією ефективності бойових дій, а також визначати найбільш вразливі точки у ворожих лініях оборони і мінімізувати втрати своїх сил. Ще одне важливе застосування диференціального числення – це створення комп'ютерних моделей для симуляцій бойових операцій, що є важливими для прогнозування результатів та прийняття тактичних рішень.

Математичні моделі, що використовують диференціальне числення, допомагають підвищити точність, ефективність і безпеку бойових операцій, що має вирішальне значення в умовах сучасних бойових дій.

ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ У ФУНКЦІОНАЛЬНО-СТІЙКИХ СИСТЕМАХ

Ю.Л. Бондаренко¹, к.т.н.; І.В. Пулеко^{1,2}, к.т.н., доц.;

В.О. Чумакевич^{1,3}, к.т.н., доц.

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;

²Державний університет “Житомирська політехніка”;

³Національний університет “Львівська політехніка”

Функціональна стійкість системи свідчить про спроможність системи самостійно виявити нештатні ситуації, перерозподілити ресурси в середині системи та парувати наслідки.

Побудова оптимальних траєкторій руху таких систем при застосуванні методу зворотних задач динаміки відбувається в два етапи.

На першому відбувається аналіз наявних сил, які надають, або можуть надавати системі необхідний рух. Для цього необхідно описати об'єкт керування, задати початкові умови по кожній керованій координаті, побудувати та ввести програмну траєкторію польоту.

Другий етап, пов'язаний з реалізацією програми зміни керуючих сил. Задача практичної реалізації алгоритму керування силою полягає у визначенні

вектору керуючих функцій, тобто величин відхилень органів керування за допомогою яких створюється дана сила. Вирішення цієї задачі визначається структурою і параметрами об'єкта керування і вимірюваною інформацією.

У кожен момент часу керуючі функції формуються за вимірюваннями поточного стану системи, тобто на основі зворотного зв'язку. Характерним при цьому є те, що коефіцієнти алгоритму керування силою визначаються початковими умовами.

ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ТЕХНІЧНИХ ПРОГНОЗУВАНЬ

Х.І. Ліщинська¹, к.т.н., доц.; Н.Б. Сокульська¹, к.ф.-м.н., доц.;

О.І. Сеник²; О.І. Степанюк³, к.ф.-м.н., доц.

¹Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного;

²Львівський фаховий коледж транспортної інфраструктури;

³Львівський національний університет ветеринарної медицини

Безпека польотів залежить від бездоганної роботи авіаційних систем, повністю інтегрованих датчиків, надійного зв'язку, високошвидкісної передачі даних та високоточних сучасних навігаційних систем. Для опису вказаних процесів застосовуються ймовірнісні прогнози, які є актуальними в умовах невизначеності, що майже завжди присутні для складних систем. Математичне моделювання процесів відбувається із застосуванням байєсового підходу, що є методом виявлення та модифікації оцінок ймовірностей на основі даних, причому ці оцінки можуть бути виражені за допомогою розподілу ймовірностей. Суть підходу полягає в оновленні апіорних знань на основі нових даних.

В роботі, з використанням мови програмування Python із застосуванням формули Байєса, що подається в курсі теорії ймовірності, запропоновано проєкт клікової моделі для складної системи. Описано механізми обчислення прихованих змінних моделі, а також алгоритм оцінки параметрів. Проведено порівняння результатів роботи різних алгоритмів обчислення прихованих змінних. Запропоновано дослідження точності прогнозування кліковою моделлю і проілюстрована залежність похибки прогнозування від кількості тренувальних сесій.

Представлена комп'ютерна модель, що побудована із застосуванням імітаційного моделювання, може бути також використана як система оцінювання релевантності даних, сприяючи покращенню ранжування результатів, що відіграє значну роль у розумінні наслідків впровадження тих чи інших алгоритмів керування.

ЯК ПОБУДУВАТИ ПАЛАЦ НА ПІСКУ

Є.І. Орлюк, к.ф.-м.н., доц.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Прогресивний розвиток країни можливий лише за умови достатньої кількості висококваліфікованих фахівців у сферах науково-технічної діяльності, промисловості, оборони. Підготовка таких фахівців завжди будувалася на міцному фундаменті знань з математики та фізики, який закладався ще в середній школі. Але зуд реформування, який охопив

чиновників від освіти ще двадцять років тому, призвів до того, що в лютому 2017 року Національна академія наук України вимушена була надіслати офіційні листи до Комітету Верховної Ради України з питань науки і освіти та Секретареві Ради національної безпеки і оборони України О.В.Турчинову, в яких підкреслила, що реформи Міністерства освіти і науки України є загрозою для системи підготовки професійних кадрів.

Після цього реформація системи вивчення природничих дисциплін та інформатики в середній школі трохи загальмувалася, але не зупинилася. Але тут підійшов 2020 рік – і уся освіта стала on-line ковідною. А далі – 24 лютого 2022 року, і навчальний процес взагалі став рваним – до тривоги та після її відбою.

Так наш діти стали заручниками глобальних процесів, а в результаті рівень математичної підготовки абсолютної більшості курсантів першого курсу став, м'яко кажучи, дуже далеким від того рівня, на якому можна будувати освіту високотехнологічного військового професіонала. Але ж це потрібно робити, і робити зараз, бо часу на відкладання військового положення держави нам не дає.

І тому перед усіма науково-педагогічними працівниками, які викладають математику і фізику (і не тільки), стає дуже складна методична задача – як донести до теперішньої курсантської аудиторії зміст дисциплін вищої школи.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ В ЗАДАЧАХ ПЕРЕСЛІДУВАННЯ ЦІЛІ

Х.І. Ліщинська, к.т.н., доц.; Н.М. Гузик, к.ф.-м.н., доц.;

Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доц.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного

Диференціальні рівняння є потужним інструментом математики, адже їх часто використовують для розв'язування задач у різних галузях науки і техніки, включаючи військову справу. Використання диференціальних рівнянь для знаходження розв'язків військово-прикладних задач легко продемонструвати на прикладі задач досягнення цілі літальними апаратами. Такі задачі є особливо актуальними для майбутніх фахівців авіаційного профілю. Відомі стратегії досягання цілі (переслідування) здебільшого розроблені для військового призначення в рамках досліджень щодо наведення ракет на рухоми ціль, проте вони використовуються і в цивільній авіації.

Студентам та курсантам в розділі “Диференціальні рівняння” курсу вищої математики запропоновано для розгляду деякі типові задачі на знаходження кінематичних параметрів руху літальних апаратів, причому різні задачі використовують той чи інший метод наведення, зокрема, метод паралельного зближення, погоні та пропорційного зближення. Математична модель кожної з таких задач включає систему двох або ж трьох (для методу пропорційного зближення) диференціальних рівнянь першого порядку.

Як результат, можна визначити такі кінематичні параметри руху, як час переслідування; рівняння відносної траєкторії ЛА; нормальне прискорення ЛА; радіус кривизни абсолютної траєкторії ЛА; граничні значення кутової швидкості радіус-вектора, нормального прискорення і радіуса кривизни абсолютної траєкторії в момент попадання в ціль за різних значень відношення швидкості ЛА до швидкості цілі. Слід зауважити, що всі ці вкрай важливі і необхідні з практичної точки зору кінематичні характеристики визначаються використовуючи теорію диференціальних рівнянь.

ВИКОРИСТАННЯ ОНЛАЙН-РЕСУРСІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ “ВИЩА МАТЕМАТИКА”

Т.С. Кузьменко, к.ф.-м.н., доц.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Розвиток сучасних технологій спонукає до пошуку нових методів навчання, зокрема і у вивченні вищої математики. Впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій є пріоритетним напрямком розвитку освіти, що в подальшому забезпечить удосконалення освітнього процесу та підвищення ефективності освіти.

Сучасне молоде покоління значну частину свого життя проводять у віртуальному світі, часто швидше довіряючи інформації саме з інтернет-ресурсів. У навчанні вони швидко втрачають інтерес до традиційних методів навчання й орієнтовані на інтерактив з використанням сучасних технологій. Саме тому все частіше на заняттях з вищої математики використовуються нові методи інтерактивного навчання, зокрема, з використанням онлайн-ресурсів.

Різні типи завдань допомагають курсантам краще та у цікавішій формі опанувати новий матеріал чи попрактикувати вивчений, а викладачу – перевірити рівень засвоєння знань, умінь та навичок. Серед таких ресурсів можна виділити wordwall.com, learning.org, kahoot.com та інші. Кожен із ресурсів має свої особливості та можливості, тому в поєднанні із потребами та запитам курсантів і викладача дають можливість досягти гарного рівня опанування матеріалу. Окрім перевірки засвоєння знань часто такі завдання підіймають дух змагання, що підвищує мотивацію до навчання, розвивають лідерські якості.

Також варто відмітити, що вище згадані ресурси не є вузько спеціалізованими і можуть бути використані як для будь-якої вікової категорії, так і для будь-якої дисципліни. При цьому онлайн-ресурс не повинні повністю замінювати всі форми роботи, а тільки доповнювати їх.

МОДУЛІ ТА ЕКСТРЕМАЛЬНІ МЕТРИКИ ОДНОГО НЕОРІЄНТОВНОГО ТРИВИМІРНОГО РІМАНОВОГО МНОГОВИДУ

С.А. Охріменко, к.ф.-м.н., доц.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Конформні модулі та екстремальні метрики сімей кривих у ріманових многовидах є одним з найважливіших об'єктів та засобів досліджень у багатьох розділах сучасної математики, зокрема, у теорії аналітичних функцій, у комплексному аналізі, у геометричній теорії функцій, у теорії конформних та квазіконформних відображень, у теорії потенціалу, у теорії однолистих та багатолістих функцій, у конструктивній теорії функцій, у теорії ріманових поверхонь, у диференціальній геометрії та топології.

Вперше проблема знаходження екстремальної метрики та модуля сімей кривих, що лежать на неорієнтовному та скрученому рімановому многовиді розглядалась у роботах американського математика П. П'ю (Pu P. Some inequalities in certain nonorientable Riemannian manifolds // *Pacific J. Math.* – 1952. – Vol. 2, 1. – P. 55-71) та швейцарського математика К. Блаттера (Blatter C. Zur Riemannschen Geometrie in Grossen auf dem Mobiusband // *Compos. Math.* –

1960. – Vol.15, 1. S. 88-107). Усі подальші результати у цьому напрямі одержані П. М. Тамразовим (Тамразов П. М. Модулі та екстремальні метрики у неорієнтовних та скручених ріманових многовидах // Укр. мат. журн. – 1998. – Т.50, 10. – С. 1388-1398) та його учнями (Тамразов П.М., Охріменко С.А. Парні добутки модулів сімей кривих на рімановому листі Мьобіуса // Укр. мат. журн. – 1999. – Т.51, 1. – С. 110-116).

Досліджується проблема знаходження екстремальної метрики та модуля сімей кривих, що лежать на неорієнтовному тривимірному рімановому многовиді – неорієнтовному тривимірному паралелепіпеді.

АНАЛІЗ КОМБІНОВАНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИГНАЛІВ, ЩО ВІДБИТІ ЦІЛЮ СКЛАДНОЇ ФОРМИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ

С.П. Голуб; А.А. Могила, к.ф.-м.н.

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

Широко відома велика кількість моделей взаємодії різноманітних сигналів (радіолокаційних, акустичних, лазерних) з об'єктами повітряного простору та подальша обробка для їх виявлення, аналізу, цілевказання.

Кожний, хто стикається із завданням захисту повітряного простору, постає перед проблемами обрання підходів, техніки, безпечно використання.

Звісно, підхід має бути – найрезультативнішим, – тобто найдостовірнішим за висновком, швидкісним, а також сучасним, мінімально помітним для об'єкта (цілі) та його засобів захисту, економічним щодо ресурсів, отже, ефективним.

Розглядаємо радіолокаційні сигнали, отримані когерентними радіолокаторами в різноманітних режимах щодо активної/пасивної локації, несучих частот і завадової ситуації. Фізико-математична модель комбінована – багатопараметрична з використанням непараметричних характеристик, з організацією, на етапі досліджень (“навчання” системи) всіх доступних даних та пограмно-мовного інструментарію в “ансамблі” (“кортежі”, “турті”) ознак, з аналізом їх інформативності для будування відповідних швидкісних розв'язуючих алгоритмів і програм.

Кінцевою метою є побудова працюючого макета системи розпізнавання.

СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Х.І. Ліщинська¹, к.т.н., доц.; М.І. Войтович¹, к.ф.-м.н., доц.;

А.П. Сеник², к.ф.-м.н., доц.

¹*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного;*

²*Національний університет “Львівська політехніка”*

Безпека та надійність обладнання повітряних суден є критично важливими для їхньої успішної експлуатації. Контроль якості обладнання авіаційних систем здійснюється шляхом оцінки характеристик їхньої надійності.

Сучасні літаки складаються з безлічі компонентів та систем і кожен з них відіграє свою роль у забезпеченні надійності роботи усього судна. Для безпеки польоту необхідна висока надійність двигуна, систем управління літаком та керування польотом тощо.

Враховуючи випадковий характер авіаційних процесів, для оцінки параметрів використовуються методи математичної статистики. Як об'єкт статистичного моделювання обрано протипожежну підсистему літака.

Метою дослідження була перевірка гіпотези про те, що розподіл часу безвідмовної роботи протипожежної системи літака відповідає гамма-розподілу. Для дослідження використано методи максимальної правдоподібності, метод моментів та статистичний критерій Пірсона. Виявлено, що для ефективної оцінки параметрів розподілів потрібні великі обсяги вибірок (понад 100 спостережень), особливо це стосується параметра масштабу λ .

Дослідження підтверджує, що розподіл часу безвідмовної роботи протипожежної системи літака можна апроксимувати гамма-розподілом. Система характеризується високою надійністю, що підтверджується невеликою кількістю відмов за рік. Значення параметра λ можна порівняти з середнім часом безвідмовної роботи протипожежного обладнання.

ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМУ АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

В.Т. Бояров; О.М. Чередніков, к.т.н.

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Цифрові технології стають дієвим інструментом, що сприяє підвищенню оперативності та збільшення ефективності моніторингу стану безпеки польотів, забезпечуючи своєчасне виявлення потенціальних ризиків, покращення ефективності технічного обслуговування авіаційної техніки (АТ), автоматизованого аналізу робочих параметрів авіаційних систем для виявлення потенційних загроз та прогнозування їх впливу на стан безпеки польотів (БП).

Інтеграція цифрових рішень у системи управління безпекою SMS (Safety Management System), впровадження інтернету речей (IoT-технологій) та аналітики великих даних (Big Data) спрямовані на прогнозування відмов систем та агрегатів, що значно зменшує потенційні ризики несподіваних технічних збоїв у польоті та знижує загальні витрати на експлуатацію АТ. Зростаюча складність АТ, збільшення інтенсивності її експлуатування та розвиток безпілотних авіаційних систем, висувають нові вимоги до аналізу та управління БП.

Ефективність традиційних методів контролю та аналізу інцидентів поступово знижується через обмежену швидкість обробки даних та можливість помилок через людський фактор. Можливими напрямками підвищення ефективності системи аналізу надійності та БП є централізований збір та обробка інформації з бортових реєстраторів, метеорологічних служб та інших джерел.

Таким чином, впровадження цифрових технологій у систему безпеки польотів є не лише перспективним напрямом, а й необхідною умовою для підтримки високих стандартів безпеки в сучасних умовах.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ УРАЗЛИВОСТІ ЦІЛІ

Є.Ю. Діденко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Сучасний стан забезпеченості боєприпасами підрозділів артилерії вимагає від виробників військово-промислового комплексу розроблення та виробництво нових (перспективних) боєприпасів, що в свою чергу потребує подальшого визначення їх могутності.

Могутність осколково-фугасних боєприпасів визначається приведеною зоною ураження. До основних вихідних даних визначення приведеної зони ураження входить модель уразливості об'єкта, яка включає в себе його середньоракурсну уразливу площу, сталевий еквівалент та (або) питому енергією осколка для ураження.

Значна частина сучасних цілей являють собою складні об'єкти (САУ, БТР, РЛС та ін.), які складаються з декількох уразливих елементів (жива сила, озброєння, прилади, паливні баки, боєприпаси тощо). Вони знаходяться у взаємному функціональному зв'язку та можуть бути захищені спеціальними екранами (захистом). Кожний уразливий елемент та його захисна оболонка характеризується своїми параметрами: уразливою площею, сталевим еквівалентом, питомою енергією осколка, критичним питомих імпульсом. Використання середнього значення уразливої площини такої цілі є грубим спрощенням, тому приведену зону ураження буде розраховано з похибками.

Використання математичної моделі уразливості цілі, яка буде включати окремі середньоракурсні площини її основних уразливих елементів, параметри їх пробиття (ураження), а також їх взаємне розташування, дозволить суттєво підвищити точність розрахунку приведеної зони ураження. Також потребує удосконалення методика розрахунку вірогідності ураження, де необхідно моделювати рух кожного осколка та його кінетичні параметри при зустрічі з уразливими елементами цілі.

СЕКЦІЯ 24

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЦИВІЛЬНІЙ АВІАЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ФАХІВЦІВ

Керівники секції: полковник Гладчук В.А.;
д.т.н. проф. пр. ЗС України Шевяков Ю.І.
Секретар секції: пр. ЗС України Семеренко Ю.О.

ANALYSIS OF CIVIL AVIATION SAFETY COMPONENTS AND THE TOOLS TO ENSURE THEM

*V. Hladchuk; A. Pryimak², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
M. Pryimak²*

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The Air Code of Ukraine clearly defines the concept of "civil aviation safety", emphasizing its five components: flight safety, aviation safety, environmental protection, economic and information security. Achievement of high indicators for all these components will allow us to talk about ensuring a high level of civil aviation safety, and improvement of the national air navigation system for all these components contributes to the achievement of ICAO's strategic objectives set out in the strategic plan 2026-2050, in general. This is the relevance and value of the safety tools being developed and implemented in the practice of civil aviation.

The report details the components of civil aviation safety and the analysis tools, information services and documents available and accessible to a wide range of users. Special attention is paid to flight safety, aviation and information security as directly affecting civil aviation safety.

Based on the analysis of the international and national legal framework, attention is focused on some confusion in the conceptual apparatus concerning information security. It is shown that ICAO in a number of documents issued in the period from 2019 to 2022 uses the term "information security", but only in the sense in which it is given in BS ISO/IEC 27000:2018. To describe the problem as a whole, ICAO prefers to use the term "cybersecurity", which has a broader meaning and, in addition to information security, includes "...the protection of systems, networks, software, devices, information and data from attack, damage, unauthorized access, use and/or exploitation". Although this term covers a fairly wide range of issues, it completely ignores the property of software to be safe for flight operations, which is especially relevant after the Boeing-737MAX8 disasters in Indonesia (October 2018) and Ethiopia (March 2019).

IMPLEMENTATION OF DIGITALIZATION INTO THE TRAINING PROCESS OF AVIATION INDUSTRY SPECIALISTS

*Y. Sheviakov, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Aleksandrova
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern globalization of the world economy encourages technological and professional integration in the air transportation industry. Under such conditions, the processes of organizing activities and servicing air transportation must comply with

international standards. Globalization requires the unification of not only technological equipment, fuel, but also personnel skills. According to experts, there is a significant variety of airlines operating, the activities of which need to be consolidated in modern conditions.

The cessation of air transportation in our country, due to the full-scale aggression of the Russian Federation, significantly complicates the economic situation of domestic companies and personnel. With the resumption of air transport, domestic specialists must meet the challenges of the market in the post-war perspective.

The activity of specialists training has not stopped despite the existing difficulties. Military actions and threats to the education security require educational institutions to take appropriate measures. A significant part of the educational process takes place in an online format. Modern means of digitalization and the availability of the Internet provide the opportunity to build an online educational process. The introduction of digital technologies and digitalization made an opportunity to implement high-quality "digital" education in institutions for training civil aviation specialists. The presence of this educational form does not exclude the conduct of the training offline. Digitalization is changing the system of training cadets.

Video content is successfully implemented into the learning process. Visualization of situations that may arise in real life allows cadets to develop the necessary professional skills.

METHOD OF PLANNING THE WORK OF SPECIALISED MOBILE METROLOGICAL GROUPS UNDER RISK CONDITIONS

Y. Sheviakov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

Y. Kushneruk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

V. Aleksandrova

Ivan Kozhedub Kharkiv National University of Air Force

The metrological maintenance of weapons and military equipment samples is the measurement and control of their parameters in order to determine the need for their adjustment, calibration or repair.

An important task in carrying out metrological maintenance of samples of weapons and military equipment is to reduce the cost of total time under conditions of risk, when the volume of work on the order for metrological maintenance of measuring instruments is a random variable with known distribution laws.

A method for the optimal allocation of specialized mobile metrological groups along routes is proposed, according to the criterion of minimum total service time in the case when the number of orders for maintenance of measuring instruments is random variables distributed according to normal distribution laws, based on a linear stochastic programming model:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max \\ S_k \end{array} \right\} \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \rightarrow \min ; \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \leq T_0 ,$$

where r_{ij} – the number of measuring instruments is a random variable distributed according to the normal law; t_j – the average time standard for servicing a unit of

measuring instruments of the j -th type; S_k – the route of maintenance by the k -th metrological group; T_0 – the time fund, due to its reduction to a deterministic nonlinear programming problem.

COMPLIANCE OF THE TRAINING PROGRAM FOR AIRCRAFT MAINTENANCE SPECIALISTS WITH THE INTERNATIONAL STANDARD CLASSIFICATION OF EDUCATION ISCED-F 2013

*A. Biekurov, Candidate of Technical Sciences; G. Sigaylo
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In Ukraine, the training of aircraft maintenance (AM) specialists is carried out in accordance with the higher education standards for the specialties 173 Avionics and 272 Aviation Transport, as well as in compliance with the requirements of the Aviation Rules of Ukraine (Part-66, Part-147).

A comparison of the Part-66 training program content for an airframe and aircraft engine (AE) maintenance specialist and an aircraft avionics systems maintenance specialist shows that their content overlaps by approximately 78%. However, when comparing the higher education standards for specialties 173 and 272, the overlap in specialized (professional) competencies is only 39%, which is due to the fact that these specialties belong to different fields of study.

A new classification of fields of study and specialties has been approved to align educational programs with the International Standard Classification of Education (ISCED-F 2013). A correspondence table has also been approved, according to which specialty 173 Avionics is reassigned to G12 Aerospace and Rocket Engineering, while specialty 272 Aviation Transport is reassigned to J6 Aviation Transport.

As a result, both specialties remain in different fields. However, according to ISCED-F 2013, the training of specialists in airframe, AE, and avionics systems maintenance falls under a single category: 0716 Motor Vehicles, Ships, and Aircraft. Therefore, it would be appropriate to classify the airframe and AE maintenance training program under G12, ensuring compliance with ISCED-F 2013.

WAYS TO INCREASE THE SERVICE LIFE OF AVIATION PLUNGER PUMPS

*A. Biekurov, Candidate of Technical Sciences; G. Sigaylo
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Plunger pumps are used in the fuel and hydraulic systems of aircraft. During operation, they are subjected to mechanical and thermal stresses, which reduce their service life. These stresses lead to wear on the surfaces of tribosystem elements, such as the plunger-cylinder (cylinder block) tribopair, causing characteristic damage, including abrasion, increased wear, deformation, and failure.

Currently, there are two main approaches to increasing the service life of aviation plunger pumps. The first approach involves restoring the friction surfaces of the plunger during maintenance and repair. The second approach focuses on improving the manufacturing technology of plungers and cylinders. A promising direction is the development of new plunger manufacturing technologies, which could lead to the creation of a new generation of hydraulic pumps and motors.

To prevent hard contact between two surfaces, RWTH Aachen University has developed new coatings based on the physical vapor deposition (PVD) process.

For the plunger coating, the deposited material used was zirconium carbide (ZrCg), with an increased carbon content throughout the thickness of the coating. This resulted in a gradual reduction in surface hardness towards the outer layer. The soft outer layer of this coating was sufficient to mitigate surface contact, reducing wear. With such a plunger coating, it becomes possible to use hardened steel for the cylinder block in plunger pumps.

UNDER CONDITIONS OF RANDOMNESS OF THE NUMBER OF MAINTENANCE ORDERS

Y. Sheviakov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

Y. Kushneruk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

V. Aleksandrova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

During the specialised metrological maintenance of samples of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine, the task of planning the distribution of specialised mobile metrological groups arises.

The existing planning methods fully take into account the optimisation of the total time of metrological maintenance of measuring instruments (MI) in the places of deployment of military units (subunits), the calendar fund of working time, provided that the number of MI is a deterministic value. In wartime conditions, such an assumption may lead to an unrealistic plan for the maintenance of measuring instruments.

A mathematical model of optimal distribution of specialised mobile metrological groups along routes is proposed, based on the criterion of minimum total service time in the case when the number of orders for maintenance of measuring instruments is a random variable, as a model of linear stochastic programming:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max \\ S_k \end{array} \right\} \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \rightarrow \min ; \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \leq T_0 ,$$

where r_{ij} – the number of measuring instruments is a random variable; t_j – the average time standard for maintenance a unit of the j -th type of measuring instrument; S_k – the route of servicing by the k -th metrology group; T_0 – the time fund.

METHODS OF DIAGNOSTICS OF AVIATION EQUIPMENT FROM THE POINT OF VIEW OF INFORMATION CONTENT

M. Momot, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Yurchenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Significant increase in the number of major defects in obsolete aircraft requires better maintenance – improved methods and forms of maintenance, introduction of modern methods and means of diagnosis of technical condition for detection of dangerous defects and damages, as well as forecasting of technical condition. When

operating aviation mechanisms according to condition-based maintenance three main stages of diagnosis can be distinguished.

The first stage is operational diagnostics, which consists of whether the normal operation of a given object can be continued ("the system is serviceable") or whether this object must be confirmed by some maintenance procedures ("the system is faulty") before the next flight. Such a task, to one extent or another, for all observed AT objects, must be solved, as a rule, at the end of each flight day, "for tomorrow". Expediency is achieved through the proper organization of the flow of information and the use of computer technology to process it.

The second stage is an additional diagnostic analysis, the result of which is a procedure for maintenance the identified faulty elements and systems without dismantling them from the aircraft ("on the wing"). The third stage is the implementation of the necessary maintenance procedures, after which a decision is made on further operation of the object or dismantle from an aircraft and send it for repair. The analysis of the methods of technical diagnostics from the standpoint of information content is very important and is based on the generally accepted approach put forward by M. Bongard, on the significance of the probability function of approaching the target (the "address" of the defect) when registering the values of the parameter.

AVIATION FUEL PURIFICATION

*I. Marchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The reliability of aircraft fuel systems directly depends on the level of fuel contamination. During operation, storage, and transportation, petroleum products inevitably become contaminated. Dust is the primary source of contamination. Additionally, during the operation of fuel systems, corrosion occurs on metal structures, leading to the formation of microscopic rust particles that settle as sediment.

To reduce the content of mechanical impurities and water in fuel, filtration is widely used. However, porous filtration has several disadvantages: the hydraulic resistance of the filter is directly dependent on the fuel purification fineness, it has a low dirt-holding capacity, large dimensions, high manufacturing and maintenance costs, and labor-intensive regeneration, usually making it a single-use solution. The disadvantages of purification methods using centrifugal separators include low efficiency when the size of contaminant particles decreases and when the viscosity of the working fluid increases. Due to their complex design and large dimensions, they are often limited to stationary applications.

A fundamentally different purification technology involves the removal of solid dispersed phase particles from a liquid or air flow using electrostatic fields. Electrostatic cleaners have proven to be quite effective, but they also have some limitations: while their dirt-holding capacity is greater than that of mechanical filter elements, it is still finite; they have low threshold values for the concentration of emulsified water in the cleaned fluid. Therefore, to maintain the efficiency of the filtration system, it's advisable to ensure the continuous removal of contaminant concentrate and emulsified water. This can be achieved by using a separator that remains operational throughout the entire fluid purification process. Thus, the

development of technologies aimed at effectively removing water and contaminants from fuel while continuously diverting contaminant concentrate and emulsified water from the filtration device is highly relevant.

POWER OF AI: BOOSTING CREATIVITY OR DEGRADING THE MINDS OF PEOPLE?

*V. Orlenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
S. Seleznev, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The data accumulated by the Internet can be considered an aggregate of human knowledge and behavioral patterns. That means a huge massive of data, which became very difficult to navigate without new tools that would add some understanding on the part of machine regarding the real essence of search requests.

There are enormous possibilities that open, but there are dangers too if this tool that AI could presents. The article focuses on responsible application of contemporary AI resources. This is because without charting out the "no go zones" or the zones that one should not go into voluntarily, it's really difficult to set out on a path to employ the possibilities that AI offers to humanity.

One of the possibilities that AI offers is creation of some trends that could be also called learning pathways. These can be both positive and negative. Furthermore, the trends could also be treated as certain grooves or agendas that acquire the power of being the only true ways of passing the "right knowledge".

What is the way to prevent any bad things from happening? How can users resist to their temptation to damp off their thought work onto the AI? How do people resist the power of this all-encompassing AI entity that can reach every corner of this global information space and still be able employ their creative knacks to put forward the initiatives and new learning pathways suitable for others who could share the same emotional experiences? How can an engineer use emerging AI tools? These are open-ended questions that one needs to keep in mind while using these new tools that are coming to stay.

MATHEMATICAL MODEL FOR PLANNING THE WORK OF SPECIALISED MOBILE METROLOGICAL GROUPS ADVANTAGES AND CHALLENGES OF ELECTRIC AND HYBRID AIRCRAFT

*Y. Kushneruk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the dawn of aviation, aircraft have been fuelled by carbon-dioxide fuel. According to forecasts, the number of air passengers will increase to 8.2 billion per year by 2037. All together, the world's airlines burn about 400 million tonnes of jet fuel (or 7% of all petroleum products) per year, with a corresponding mass of CO₂ emissions into the air. Therefore, the future of aviation depends on finding sources of alternative, environmentally friendly energy.

Electric and hybrid aircraft are aircraft that use electrical energy to provide propulsion. Electric aircraft can run entirely on electric power, while hybrid aircraft use a combination of electric power and traditional aviation fuel.

Advantages of electric and hybrid aircraft: electric and hybrid aircraft do not emit harmful substances into the atmosphere; electric engines are much quieter than traditional engines; electric energy is cheaper than aviation fuel, which will lead to lower operating costs for aircraft.

Challenges of electric and hybrid aircraft: current electric aircraft have a limited range due to limited battery capacity; batteries for electric aircraft are heavy, which can affect the payload and efficiency of the aircraft; charging of electric aircraft requires appropriate infrastructure at airports. Despite these challenges, electric and hybrid aircraft are a promising aviation development trend that can make flights more environmentally friendly and efficient.

ADVANCED MATERIALS IN CIVIL AVIATION

*Y. Kushneruk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Advanced materials are materials that have improved properties compared to traditional materials such as metals.

Civil aviation uses composite materials, titanium alloys, aluminium alloys, and ceramic materials.

Composites consist of two or more materials combined together to create a new material with improved properties. Composites based on carbon fibre and epoxy resins are widely used in aviation.

Titanium is a lightweight and strong metal that is highly resistant to corrosion. Titanium alloys are used to manufacture aircraft parts that are subject to high loads and temperatures.

Aluminium is a lightweight metal that also has good corrosion resistance. Aluminium alloys are widely used to make aircraft parts such as fuselages and wings.

Ceramic is a very strong and hard material that is highly resistant to wear and high temperatures. Ceramic materials are used to manufacture engine parts and other aircraft components that operate under extreme conditions.

The prospects for the development of advanced materials are as follows: the development of new composite materials, the use of nanomaterials, and the development of production technologies. Advanced materials play an important role in the development of civil aviation, making aircraft more efficient, safe and environmentally friendly.

CONTROL SYSTEMS OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH SATURATION CHOKES

*Y. Nemshylov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Ruchka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Malynovich
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A significant drawback of induction motors is their limited speed control capability.

The use of saturation chokes in the control systems of induction motors improves the conditions for regulating their speed and ensures smooth control within a certain range.

A saturation choke is a static electromagnetic device. It consists of a working winding connected to an alternating current network, a direct current magnetizing winding, and a three-core ferromagnetic core.

To eliminate the inductive influence of the working winding on the magnetizing one, the working winding is made of two coils connected in such a way that their magnetic fluxes are oppositely directed, resulting in zero net flux in the core. The coils of the working winding are placed on the outer cores, while the magnetizing winding is located on the central core.

The magnetizing winding is powered by an external direct current source. The current value is adjusted by a rheostat.

The reactive impedance of the working winding depends on the degree of core saturation. As the core saturates, its magnetic permeability decreases, reducing the reactive impedance of the working winding and increasing the load current. The degree of core saturation is regulated by the magnetizing winding.

Increasing the current in the magnetizing winding intensifies the saturation of the core, and vice versa. In the absence of magnetizing current, the magnetic permeability of the core and the reactive impedance of the working winding will be at their maximum.

When the saturation choke is connected to the stator winding circuit of an induction motor, adjusting the magnetizing current allows for changes in the voltage supplied to the motor, thereby influencing its rotational speed.

IMPROVEMENT OF THE OPERATION OF THE ELECTRICAL CONTACT PRESSURE SENSOR

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. Kamyshynskyi; D. Alyab'iev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Monitoring of the pressure indicator in SF6 circuit breakers is carried out with the frequency specified in the SF6 circuit breaker operating manual.

The pressure indicator with a thermally compensating device shows the SF6 pressure in the column, which is adjusted to 20°C. Given that the gas temperature in the column and the body of the indicator with a thermally compensating device can differ significantly with a sharp change in the ambient air temperature, small periodic fluctuations in the device readings are possible, even in the absence of a SF6 leak. Taking this into account, it is recommended to take the device readings in conditions where the air temperature is stable for several hours, and the body of the indicator does not receive direct sunlight.

In SF6 circuit breakers, it is necessary to monitor the SF6 pressure. If SF6 leaks and the pressure drops above a certain value, the circuit breaker is automatically turned off, and further operations are blocked. Pressure control is carried out by a pressure indicator installed on each pole.

The electrocontact pressure indicator of the indicating type is equipped with a temperature compensation device, which brings the pressure reading to a temperature of 20°C, and two pairs of normally closed contacts. The first pair of contacts opens when the pressure drops to 0.34 MPa, giving a signal about the need to replenish the pole, the second pair opens at a pressure of 0.32 MPa to block the

command to the control solenoids. To eliminate false signals in the event of possible contact operation from vibration when switching the switch, as well as due to their low power, an intermediate time relay with a time delay of 0.8 to 1.2 s must be included in the contact circuit.

ALGORITHMS AND SYSTEMS FOR DIAGNOSING DISCRETE DEVICES

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Y. Nemshilov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; R. Bohdanov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The control system can be represented by a set of technical condition management systems and functional condition management systems. On the other hand, the core of the technical condition management system is the control and diagnostic system.

The diagnostic procedure is a set of elementary checks, i.e. physical experiments on the diagnostic object (OD), determined by the value of the impact applied to the object, as well as the object's reaction to this impact. It is possible to detect a defect if there is such a test impact, the reaction to which is different in a working and faulty object. The variety of listed possibilities makes it necessary to formalize the development of a diagnostic procedure.

Working diagnostic systems allow replacing failed nodes with backup ones during operation, switching to other operating modes for which the malfunction is insignificant, i.e. building adaptive systems. However, the limited set of operational impacts does not always allow for optimal solution of the diagnostic task.

In test diagnostic systems, the test impacts are carried out by a diagnostic device (DD). Therefore, both the composition and the sequence of these influences can be found from the conditions of effective organization of the procedure, the choice of unconditional or conditional algorithms. Test checks can be carried out not only during commissioning and preventive work, but also during normal operation.

Thus, parameter diagnostics can be used to detect gradual failures (allowing for checks), to predict the state of the object, as well as to detect sudden failures, including those caused by a change in the structure of the circuit: breaks or closure of areas (structural diagnostics).

SYNTHESIS OF DIAGNOSIS ALGORITHMS BASED ON INFORMATIONAL CRITERION

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M. Rudevsky
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When developing diagnostic algorithms that use only external sensors, the selection of test signals and connection points of test generators to the tested circuit is of particular importance. The most difficult choice is the first elementary check, which is associated with the maximum uncertainty of the technical condition.

If it is possible to check the condition of each element separately, regardless of the states of other elements, then the state of the element with the highest probability of failure is checked first. With an equal probability of failure of all elements, the order of the check is unimportant. In other cases, the selection of elementary checks can be carried out on the basis of information criteria. Checks that provide the

maximum amount of diagnostic information allow you to divide the set of states into a larger number of subsets and, therefore, reduce the power of these subsets. Reducing the power of subsets reduces the uncertainty of the state and the number of elements that can fail, which in turn simplifies the selection of subsequent checks.

The greatest amount of diagnostic information using external sensors is obtained if the test generator current flows through the largest number of elements being diagnosed, and each malfunction causes a reaction characteristic only of it. To obtain maximum information as a control point during the first check, it is worth choosing the circuit nodes through which the largest number of circuits with various malfunctions are closed. In converter circuits, this property is possessed by nodes to which power sources, loads, and switching nodes in devices with forced switching are connected. Faults in the valve circuit elements primarily affect such signal characteristics as amplitude and polarity. When diagnosing linear frequency-dependent circuits, time and frequency characteristics become important. Of the signals whose formation does not cause any particular difficulties, bipolar pulse and harmonic signals have the greatest informativeness.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DATABASES AND DATA WAREHOUSE IN THE MILITARY SPHERE

V. Tretiak, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

B. Kruk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;

Yu. Semerenko; I. Kovalchuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In modern conditions, military operations and defense resource management are impossible without the effective use of databases and data warehouses that provide centralized storage of large amounts of information. Military databases contain important data on personnel, equipment, ammunition, logistics chains, intelligence, cybersecurity, and decisive combat operations. They allow you to automate decision-making processes, increase forecasting accuracy, and reduce response time to threats. Data warehouses, which operate on the basis of modern Big Data and artificial intelligence technologies, make it possible to analyze and find patterns in large amounts of information, which is important for intelligence, countering cyber threats, optimizing the process of conducting combat operations, and managing resources in real time. The use of cloud and distributed databases increases the reliability and security of information systems, ensuring data availability even in difficult combat conditions. Integration of databases with automated command and control systems of troops and weapons allows to increase the efficiency of operations (combat operations), reduce the risk of errors and accelerate the exchange of information between units (subunits).

The prospects for the development of databases and data warehouses in the military sphere are associated with the improvement of Big Data, artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) technologies for rapid analysis of intelligence information, increasing the accuracy of threat prediction and optimizing the management of military operations. Autonomous combat systems, in particular unmanned aerial vehicles (UAVs) and robotic combat modules, will require effective algorithms for storing and processing data in real time for making operational decisions.

**DEFINITION OF COMMENSATION PARAMETERS
OBSTACLE DETECTION AND COLLISION AVOIDANCE
APPROACHES FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*O. Lykhodieiev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Sigaylo
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, characterized by significant technological development and active use of unmanned aerial vehicles, the problem of ensuring their safe operation is becoming especially relevant. Unmanned aerial vehicles of the quadcopter type, due to their mobility, maneuverability and relative cheapness, are widely used in a wide range of tasks in both civil and military spheres, from environmental monitoring and agriculture to logistics and security. Unmanned aerial vehicles are assigned specific tasks that require movement in a closed space or flying as part of a group. Therefore, improving approaches to detecting obstacles and avoiding collisions will contribute to increasing the survivability of unmanned aerial vehicles on the battlefield and in everyday use.

Analysis of the results of foreign and domestic research shows that the main directions of improving approaches to detecting obstacles and avoiding unmanned aerial vehicles collisions are the introduction of modern high-tech sensors that operate on various physical principles and the development of new methods of collision prevention. The report analyzes the advantages and disadvantages of each of the existing approaches, taking into account the design of the unmanned aerial vehicles, the tasks assigned to them, and the indicators of tactical and technical characteristics. It also presents future trends in unmanned aerial vehicles collision avoidance technologies in terms of rapid obstacle detection and integration of sensor synthesis, in particular using combinations of lidar, sonar, radar, computer vision sensor, magnetic and inertial measurement devices.

**DIGITAL ANTENNA ARRAY PATTERN SYNTHESIS USING DEEP
LEARNING NEURAL NETWORKS**

*V. Vdovonkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Ye. Zhydko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To improve the functionality of modern electronic equipment and to realize their potential, digital beam forming (DBF) technologies are used.

In a digital antenna array (DA), the synthesis of a radiation pattern (RP) even with a small number of elements requires very complex calculations. Traditional synthesis methods, which are based on the electrodynamic representation of the RP, on electromagnetic models, require resource-intensive calculations and a long simulation time.

An important tool for synthesizing DA RP is the third generation of neural networks using deep learning algorithms deep neural network (DNN). DNNs have the ability to accurately synthesize realistic radiation patterns that correspond to the desired DNN specifications, and capture the complex relationships of DA RP well. By solving to a certain extent the problem of the vanishing gradient when choosing the activation function for neurons, DNNs have surpassed the best alternative approaches in accuracy.

In order for the radiation patterns synthesized using DNNs to follow the desired radiation patterns, neural networks must be trained on various input data. The main

problem in synthesizing the DNN is that it is difficult to apply to higher-order antenna arrays, which is due to the fact that the dataset size grows exponentially with a larger number of elements in the array. A large dataset is difficult to generate or store, and it also leads to an increase in the complexity and processing time during training and testing of the DNN.

Using a graphics card-based computing device allows us to advance in solving the problem of deep neural networks, which is associated with large amounts of occupied memory, with bandwidth limitations during sequential processing.

STRATEGIC PLANNING FOR THE SECURITY OF INTERNATIONAL CIVIL AVIATION

*A. Pryimak, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; P. Momot
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When planning civil aviation security measures at the state and national airline levels, it is important to know the ultimate global goal of these actions. This is the information contained in a number of ICAO documents, the main one being Doc.9750 "Global Air Navigation Plan" (GANP) (Doc.9750).

The sixth edition of this document has been in effect since June 2019 and is available in an interactive format on the GANP portal. (<https://www4.icao.int/ganpportal>). Its purpose is to enable the achievement of ICAO's Strategic Objectives at the global (strategic and technical), regional and national levels. It also plays an important role in supporting the UN 2030 Agenda for Sustainable Development.

Within the framework of achieving ICAO's Strategic Objectives, GANP has identified 11 main areas of activity, each of which has been assigned its own priority. Priorities were set based on the degree of visibility of the activity to the public. In this way, the activities to improve the air navigation system are linked to the expectations of the end users of the system's services.

It is shown that the public's vision of safe air transportation is of the highest priority, so in addition to GANP, ICAO has developed the Global Aviation Safety Plan (GASP) (Doc.10004) and the Global Aviation Security Plan (GASP) (Doc.10118). These three global plans are complementary.

To ensure the above objectives at regional, sub-regional and national levels, GANP envisages the development and implementation of relevant regional and national plans. This will ensure the coherence, consistency and high level of coordination of activities to improve the current air navigation system of international civil aviation.

TOPOLOGICAL FORMATION OF ELECTRIC CIRCLE STATE EQUATIONS

*D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
D. Zolotoverkhyi; K. Zenevych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A large number of reactive elements in electrical systems is a factor in the high order of differential nannies for their formalization. Such differential equations do not make sense to solve analytically. Here numerical methods come in handy. But to use numerical methods, you must have a convenient mathematical description. Such

a universal opi-som is a system of first-order differential equations in Cauchy form. Therefore, the solution to the problem of rationalizing the procedure for the formation of calculated expressions for the computation of the values of the elements of the matrices of the Cauchy equations is relevant.

Each element of the matrices in the Cauchy equations is the coefficient of reducers from the energy source to the determined output. Such sources are energy reserves in inertial elements (inductance currents, capacitance voltages), as well as external influences from electromotive force sources and current sources. Propon is supposed to use the topological formula Mason for this.

To realize this possibility, it is proposed to use the dual topologic matrix of the personal structure for the primary formal description of the network. It is shown how contours appear in such a matrix and how the system of their hoax-modes is described in the sense of touching. It also sets out the principle of identifying all possible paths from the source node to the -stock node and determining their transmissions. Knowledge of the transmission coefficients of all co-loops, knowledge of the system of contour tangency and transmissions of all paths from a certain input node to a certain input node makes it possible to obtain a calculated expression for any transmission coefficient as an element of the matrices of the electrical network equations.

The report for clarity of explanation is illustrated by the procedure for compiling the signal graph of the network. But to obtain the final result, the use of the signal graph is a super-extra procedure.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MICROPROCESSOR-BASED SECURITY ALARM SYSTEM USING GSM COMMUNICATION

*O. Soloviova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Aponenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring property security is a crucial issue in modern society. Traditional alarm systems have limitations in terms of mobility, remote monitoring, and real-time alerts. This paper presents the design and implementation of a microprocessor-based security alarm system utilizing GSM communication to provide real-time notifications of security breaches.

The proposed system consists of a microcontroller unit, a GSM module, motion sensors, and an alarm unit. The microcontroller processes data from the sensors and, upon detecting an intrusion, activates the alarm and sends an SMS notification to the owner and security personnel via the GSM module. The system is powered by a reliable power supply with backup options to ensure uninterrupted operation.

The system was tested in various simulated security breach scenarios. Experimental results demonstrated high efficiency in detecting unauthorized access and sending alerts within a few seconds. The GSM-based alerting method proved to be effective in environments where internet connectivity is limited or unreliable. Compared to traditional alarm systems, the developed system offers advantages in terms of cost-effectiveness, ease of installation, and remote monitoring capabilities.

The microprocessor-based security alarm system with GSM communication provides an efficient and affordable solution for property security. Future enhancements may include integrating IoT technologies for real-time monitoring via mobile applications and cloud storage for event logging. This approach can significantly improve security measures in residential, commercial, and industrial applications.

ENSURING FLIGHT SAFETY IN ICING CONDITIONS

*M. Orlovskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; L. Shutska
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring the safety of aircraft operation is the most important task. As statistics show, a significant part of incidents occurs due to icing of aircraft, therefore, accounting for the consequences of icing is necessary at the design stage and during flight tests of aircraft. This cannot be done without reliable determination of meteorological conditions of icing.

The negative impact of icing can manifest itself both in changing the aerodynamic characteristics of the aircraft and in the deterioration of the functioning of the air signal system (ASS) due to incorrect readings of total pressure, static pressure, temperature, and angle of attack sensors. The issue of icing of power plants is of great importance.

As aviation accident statistics show, a significant number of them occur due to icing of ASS sensors. Icing of full pressure sensors is especially dangerous when the crew does not have information about the actual flight speed. To prevent icing, the sensors have an anti-icing system (most often electric), the effectiveness of which must be sufficient for the normal functioning of the sensor. To confirm this, each of the sensors must be certified for use on a specific aircraft, having previously passed bench tests in icing conditions at specified modes. The modes are determined both by their duration and by specific values of angles of attack, flight speed, temperature and air humidity.

The development of anti-icing systems and determining their effectiveness is a very complex problem that encompasses various research areas, such as meteorology, aerodynamics, heat and mass transfer, phase transition physics, and materials science.

DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE GENERAL STRESS-DEFORMATION STATE OF AVIATION STRUCTURES UNDER THE INFLUENCE OF STATIC AND DYNAMIC LOADS

*M. Orlovskiy¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Kostandi²
¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;
²M. Zhukovsky National Aerospace University*

Nowadays, modern integrated design and engineering analysis systems, such as Siemens NX, Solidworks, Catia, Ansys, Nastran, Patran, Cosmos/M, etc., are used to perform automated design and construction, determine the displacements and stress-strain states of structural and power elements under static loading, calculate the stability of the structure, analyze fatigue failure, and perform other engineering tasks. With their help, the quality and technical and economic level of structural design are significantly increased.

The basis of engineering analysis in integrated design systems is the finite element method, in which a real object is modeled by a set of finite elements. The capabilities of static strength analysis of integrated design systems are used to determine displacements, stress-strain states, deformations, and forces that arise in structures or their components as a result of the action of mechanical forces. Static analysis is used for tasks in which the action of inertia forces or energy dissipation processes do not have a significant impact on the behavior of the structure.

Static analysis in most programs can include such nonlinearities as plasticity and creep of the material, large deflections and deformations, contact interaction. Nonlinear static analysis is usually performed with a gradual increase in loads so that the correct solution can be obtained.

Dynamic strength analysis is used to determine the effect on a structure or its components of time-dependent loads. Examples of such loads are: cyclic, sudden, random and other variable loads.

REACTIVITIES AND UNSYMMETRATIONS IN THE NETWORK ITERATIVE METHOD

D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

V. Fisun; E. Pavluk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Most of the loads of the electro-bonding system include reactive and asymmetrical spot-feeders. As a result, asymmetric currents and reactive power components occur in electrical networks. Both of these factors create negative conditions for the recovery of electric energy losses in networks and electrodynamic loads on the structural elements of generators.

The literature contains information about the calculation of parametric devices that compensate for both asymmetry and reactivity. But this does not take into account the reactivity of the lines of the electric reducer, which, with their considerable length, can be quite large. Therefore, it is not possible to completely compensate for reactivity. To do this, it is proposed to determine the vectors of the symmetry components of the generator consumption current by the load parameters and select from them only the active component of the direct sequence, which the generator should give to the line. The difference between the load currents and the generator currents should consume an asymmetric three-phase compensator. To determine the resistances of the compensator branches, it is proposed to detect the potentials of the connection points of the compensator and the mandrel, and to identify the neutral potential of the compensator as the crossing point of the voltage vectors of the reactive elements of the compensator-torus with already known currents. As a result of calculations, the resistances of the compensator branches are counted. It is determined that with the parameters of the compensator calculated from the first input of the active component of the direct sequence current, it is not possible to completely compensate for the asymmetry and reactivity. Nevertheless, the parameters of the compensator obtained by calculating the values based on the specified value of the desired current in the line provide almost complete elimination of asymmetry and reactivity.

IMPROVEMENT OF THE ACARS AERONAUTICAL COMMUNICATION SYSTEM

A. Chopenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Ye. Zhydko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

To solve issues related to safety, regularity and efficiency of flights, it is necessary to organize effective information support for all those involved in the operation of aircraft and ensuring the serviceability of equipment.

An important element in the information support system is the Aircraft Communications Addressing and Reporting System (ACARS), the main purpose of which is to monitor the condition of the aircraft, its equipment at a certain stage of the flight and transmit engine data from the aircraft to the ground station that monitors the flight.

The new generation of aircraft generates significantly more data. Judging by the Engine Digital Flight Data, the volume of engine condition monitoring data has grown and now for the new generation of aircraft it makes up 80% of the ACARS data volume.

A significant increase in the volume of operational and safety-critical information requires that ACARS data be delivered at a rate that is a multiple of the data transfer rate of earlier generation aircraft.

New opportunities are enabled up by the ACARS over IP (AoIP) technology, which is capable of unloading the traffic of ACARS air operations in the VHF/HF ranges. Since AoIP uses broadband IP communications, which have a much higher effective throughput than VHF and HF, aircraft connections are expected to reach speeds of 15 Mbps (the “fastest” connection, VDL, reaches a maximum throughput of 31.5 kbps). Other high-speed ACARS solutions are also being considered, which are capable of satellite and terrestrial communications, which operate via cell towers located on the ground, to connect more devices on the aircraft.

SYSTEM FOR TRACKING ANGULAR COORDINATES OF SMALL AERODYNAMIC OBJECTS

*A. Chopenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Ye. Zhydko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current development of unmanned aerial vehicles (UAVs) requires significant attention to meeting the safety requirements for aircraft movement in airspace. This requires finding ways to create high-precision systems for tracking UAV movement parameters in the air. The angular coordinate tracking system is designed to provide spatial signal selection and measurement of the angular coordinates of the UAV.

An analysis of the general functional structure of the angular coordinate tracking system was performed and its mathematical model was substantiated. Based on the use of the model, evaluation and extrapolation operators were obtained, which were implemented in a modern digital computing complex.

To increase the accuracy of tracking small objects, it was proposed to consider a model of exponentially correlated object accelerations, which is more adequate to the real UAV movement. The evaluation and extrapolation operators of the correction filter were determined, which correspond to the exponentially correlated acceleration model.

An analysis of the functioning of the tracking system with the proposed correction filter was conducted and the quality parameters of its functioning in steady and transient modes were determined. As a result, recommendations were formulated for the use of an algorithm in a digital computing complex, which is built on the basis of a model of exponentially correlated object accelerations. The use of a motion model more adequate to the real motion of the object leads to a significant increase in the tracking accuracy of small aerodynamic objects.

DESIGN ASPECTS OF UNDERGROUND AIRBASES FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

*S. Boiko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Given the realities of today, the hostilities on the territory of Ukraine, which caused damage and destruction, including transport infrastructure, the issue of restoring the existing transport infrastructure and building a new modern one, taking into account the introduction of the latest technologies, is relevant in the future.

One of the modern types of transport today is unmanned transport. Such types of transport are widely used in various sectors of the national economy and in various spheres of people's lives. In the aviation industry, drones are represented by unmanned aerial vehicles with a wide range of applications.

Air bases with underground bases of unmanned aerial vehicles (UAVs) are a concept that involves the use of underground structures for the placement, maintenance and launch of UAVs.

Today, the idea of implementing the operation of air bases with underground bases of UAVs is not new and has a number of examples of implementation. A number of countries, such as China and Iran, are already experimenting with underground military air bases for their UAVs. However, the idea can also be implemented in the civilian sphere. Such bases can be used to perform logistical support tasks, for example, in conditions of dense construction or, if necessary, to perform secret cargo movement.

Thus, based on the experience of previous studies by the cohort of scientists and modern concepts of airfield infrastructure development, it is necessary to emphasize the importance and feasibility of solving the scientific and practical problem of building dual-purpose underground air bases for unmanned aerial vehicles.

DEVELOPMENT OF WEB APPLICATIONS FOR COORDINATING VOLUNTEER ACTIVITIES

*Y. Semerenko; V. Moroz
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The rapid development of the volunteer movement and the increasing number of volunteer initiatives lead to the challenge of effective coordination and management of volunteer activities. Such issues often arise when there is a need for the rapid mobilization of resources and coordination of a large number of volunteers. To address this problem, the use of specialized web applications has been proposed to automate the processes of organizing volunteer activities.

Currently, there are several approaches to developing such applications, which can be divided into two main categories: monolithic systems and microservice architectures. Monolithic systems provide simplicity in development and deployment but have limitations in scalability. Microservice architecture allows for the creation of more flexible and scalable solutions but requires more resources for development and maintenance.

The key functional requirements for such systems include user registration and authorization, project and task management, resource coordination, communication

among participants, analytics, and reporting. Particular attention is given to security and personal data protection, as well as ensuring a user-friendly interface.

This report explores modern approaches to developing web applications for coordinating volunteer activities, analyzing their advantages and disadvantages depending on the scale and specifics of volunteer projects.

MODERN COMMUNICATIVE TECHNOLOGIES IN TEACHING OF FOREIGN LANGUAGES

P. Krasnopyorov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The goal of teaching a foreign language in higher education at the present stage is to help students master communicative competencies that allow them to implement their knowledge, skills, and abilities to solve specific communicative tasks in real life situations. A foreign language acts as a means of communication, communication with representatives of other nations, therefore, in education, a cultural or intercultural approach to learning continues to develop within the framework of the concept of "dialogue of cultures", with the aim of forming multilingual literacy of students. Therefore, I believe that in a modern university there should be no place for such processes as memorization, mindless memorization of texts in a foreign language that have no practical value for the future life of students. Students should be prepared on the basis of high-quality modern authentic educational material for the conscious use of a foreign language in their future life and work. After all, good knowledge of foreign languages is now and will continue to remain one of the leading requirements of employers. High-quality language training of students is not possible without the use of modern educational technologies. Modern technologies in education are professionally oriented foreign language teaching, project work in teaching, the use of information and telecommunication technologies, work with educational computer programs in foreign languages (multimedia system), distance technologies in teaching foreign languages, the use of Internet resources, teaching a foreign language in a computer environment. At this stage of development of methodological science, the main method of teaching foreign languages is the communicative method. In the process of learning using the communicative method, students acquire communicative competence - the ability to use language depending on a specific situation. They learn communication in the process of communication itself.

UKRAINIAN FOR FOREIGN LEARNERS: A COMPREHENSIVE TEXTBOOK

O. Ivashyna

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Creating textbooks for learning Ukrainian is essential to support the growing demand for the language among foreign learners. As Ukraine becomes more integrated into global networks, a structured approach to teaching its language is vital for fostering effective communication and cultural understanding. Well-designed textbooks offer a standardized, comprehensive framework that helps students grasp grammar, vocabulary, and language skills in a cohesive manner. Moreover, specialized textbooks can cater to various proficiency levels, ensuring

that learners progress at an appropriate pace. By providing accessible resources, these textbooks contribute significantly to preserving and promoting the Ukrainian language on the international stage. "Ukrainian Grammar in Use" is a textbook designed for non-native speakers of Ukrainian, aimed at supporting their language learning journey. It emphasizes the enhancement of speaking and writing skills by providing the necessary grammar content. The book also offers a vocabulary foundation that is crucial for developing speaking abilities, including comprehension of spoken language, conversation, and reading on various topics explored throughout the lessons, utilizing different language skills. The selection of vocabulary was guided by two main principles: its effectiveness in teaching and its communicative usefulness. By working through the material in "Ukrainian Grammar in Use," learners can achieve a level of communicative proficiency that enables them to engage in everyday, social, and socio-cultural interactions in Ukrainian. The textbook's value lies in its approach to teaching the language to learn other subjects. A key feature is the bilingual (Ukrainian and English) comparative tables, offering an innovative teaching method that integrates diverse educational strategies, structures, and tools. The manual brings significant changes to objectives, layout, content, and teaching approaches, with a focus on competency development.

GYROSCOPES FOR AIRCRAFT ORIENTATION AND NAVIGATION SYSTEMS

O. Lykhodieiiev¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Yu. Burchin², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Kharkiv National University of Radio Electronics

Currently, the term "gyroscope" is used to name devices containing a material object that performs rapid periodic movements. As a result of these movements, the device (gyroscope) becomes sensitive to rotation in inertial space. Rapid periodic movements can be rotational, reciprocating, oscillatory.

The main types of gyroscopes include: rotor (with mechanical and non-contact rotor suspensions); optical (laser and fiber optic); wave solid-state (with volume and ring resonators); Coriolis vibration (rod, tuning fork, plate); on surface acoustic waves.

Each type of gyroscope has a characteristic range of residual drift velocity. In accordance with the residual drift range, gyroscopes are used in orientation and navigation systems of various aircraft – from small unmanned aerial vehicles (micromechanical gyroscopes) to spacecraft (electrostatic gyroscopes).

Each type of gyroscope has its own specific design and causes of instrumental and methodological errors.

Electrostatic, optical, wave solid-state and micromechanical gyroscopes include electronics and software.

Particularly impressive results in a relatively short period of time have been achieved in the creation of optical and micromechanical gyroscopes. However, the success of optical and planar "silicon" technologies has not pushed gyroscopes with a rotating rotor into the background.

Currently, there is increased interest in the field of a new type of gyroscopes on atomic chips using de Broglie waves and Bose-Einstein condensates. This once again confirms the further development of modern gyroscopy.

ALGORITHM FOR CONTROLLING A BRUSHLESS MOTOR BASED ON AN ARDUINO MICROCONTROLLER USING MACHINE LEARNING METHODS

S. Lapta¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Matukhno²

¹Ukrainian State University of Railway Transport;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Brushless DC motors are widely used in robotics, industrial automation, and electric vehicles due to their high efficiency, reliability, and precise speed control. Traditional control methods often rely on predefined PID controllers or lookup tables, which may not adapt well to dynamic operating conditions. By integrating machine learning techniques, it is possible to improve motor performance by predicting optimal control parameters based on real-time sensor data.

The proposed control system utilizes an Arduino Mega 2560 microcontroller for real-time processing. Hall effect sensors are employed to determine rotor position, while additional sensors provide data on motor speed and current consumption. The machine learning model is trained on historical operational data to predict optimal PWM signals for commutation and speed regulation. The system is implemented using Python and TensorFlow for model training, and the trained model is deployed on the microcontroller via an optimized inference engine.

Initial experimental results indicate that the machine learning-enhanced control algorithm improves response time, reduces energy consumption, and enhances speed stability compared to conventional PID controllers. The adaptive nature of the model allows the system to respond effectively to load variations and external disturbances.

Future work includes optimizing the model for real-time execution on low-power microcontrollers and exploring reinforcement learning approaches for further performance improvements.

ASPECTS OF DOMESTIC DESIGN OF UNDERGROUND WAREHOUSES OF AVIATION FUEL AND LUBRICANTS

A. Reuta

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The design of underground fuel and lubricant storage facilities for aviation enterprises during the war in Ukraine is of quite critical importance and at the present time is the first necessary situation for the prospective design of such strategic facilities. In European countries, underground aviation bases exist in several countries, in particular in those that have a strategically important location or where there are high requirements for the security and protection of aviation resources. These bases provide protection for aircraft from external threats and allow maintaining aviation readiness even in the event of hostilities.

The construction of these technological facilities makes it possible to provide protection from air strikes and missile attacks, since open storage of fuel and lubricants on the surface is an easy target for the enemy, while underground placement significantly reduces the risk of destruction of strategic fuel reserves. Such a location can also reduce the risk of detonation.

For underground structures, the presence of strong and stable soils that can withstand the load from tanks and equipment is important. Areas with hard and deep soil layers, where there is no high risk of landslides or flooding, are most suitable.

The fuel depot should not be located in areas with high groundwater levels to avoid environmental contamination in the event of a leak. It is important to conduct geological surveys to determine the level and flow of groundwater. Areas with sandy and sandy loam soils are best for underground construction, as they have good drainage and are less susceptible to landslides. Clay soils can be more problematic due to their permeability.

ANALYSIS OF RANDOM SEQUENCE GENERATION METHODS FOR INFORMATION SECURITY IN COMPUTER NETWORKS

*Y. Semerenko; B. Zlobin
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Random sequence generation is a fundamental aspect of ensuring information security in computer networks. Such sequences are used in cryptographic systems, secure communication protocols, and other security-related applications. This paper analyzes various methods of generating random sequences, focusing on their applicability and effectiveness in enhancing security measures.

Random sequences can be categorized into two types: true random sequences and pseudorandom sequences. True random sequences are generated from physical processes, such as electronic noise or radioactive decay, and are considered highly secure due to their unpredictability. However, they often require specialized hardware, which can limit their use in widespread applications.

Pseudorandom sequences, on the other hand, are generated using algorithms that simulate randomness. While these sequences are deterministic, their statistical properties closely resemble those of true random sequences. Popular algorithms for pseudorandom sequence generation include Linear Congruential Generators (LCGs), Mersenne Twister, and Cryptographically Secure Pseudorandom Number Generators (CSPRNGs). The choice of algorithm depends on the security requirements of the application. For instance, CSPRNGs are designed to resist cryptographic attacks, making them suitable for secure communications and key generation.

Another critical consideration is the entropy source, which ensures the unpredictability of the initial state in pseudorandom sequence generation. High-entropy sources, such as system clock variations or user input patterns, enhance the security of the generated sequences.

LEGAL ISSUES IN THE TRAINING OF MILITARY AND CIVILIAN PROFESSIONALS IN THE CONTEXT OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

*M. Ivashchenko; I. Ratnakar
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the Russian-Ukrainian war, the training of military and civilian professionals requires significant legal adjustments. Military personnel must be trained not only in tactics and strategy but also in the norms of international humanitarian law, including rules for handling prisoners of war and civilians. It is especially important to know how to act when the opposing side violates these norms, while still adhering to the law.

Civilian professionals also face legal challenges, ranging from issues of mobilization to the protection of human rights in wartime. Their training should include legal education necessary for working under emergency conditions, providing humanitarian aid, and supporting internally displaced persons.

Legal training must account for the specifics of combat operations, states of emergency, and armed conflict. This ensures compliance with international standards and enables both military and civilian professionals to operate within the framework of legal norms, even under difficult circumstances.

In this context, intersectoral cooperation between military, civilian structures, and human rights organizations plays a crucial role. The joint development of educational programs, training sessions, and recommendations will promote a better understanding of legal norms and standards. This will not only enhance the effectiveness of actions during the conflict but also help prevent human rights violations and ensure legal protection for all participants, including those affected by the war.

INFORMATIONAL PROPERTIES OF VIBRATION PROCESSES IN GAS TURBINE ENGINES

V. Vasilenko; M. Sukhanov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Vibration of motors, which is considered in diagnostic studies in a wide range of frequencies and amplitudes, is a complex diagnostic signal, which is a set of additive and multiplicative combinations of complex, weak and strong "elementary" diagnostic signals, the causative agents of which are various sources of vibrations and often also a set of additive and multiplicative combinations of simpler components. At the same time, the frequency composition of most of the "elementary" signals is associated with the speed of rotation of the engine rotors and changes significantly even at the set engine operating modes. The vibration spectrum of a running motor occupies almost the entire range of sound frequencies and is determined by the frequencies:

- rotary vibration;
- vibrations of aerodynamic origin;
- dynamic processes in the gas path of the engine;
- vibration that occurs in gears, bearings, pumps.

The nature of the change in rotor vibration when changing the speed of revolutions is determined by the elastic-mass properties of the rotor-housing system. The complex rotor-housing oscillating system determines the presence of a number of critical rotational speeds. Critical speeds can be below or above the operating frequency, or within the operating speed range.

COMMUNICATION CHANNELS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

O. Krasnonosova¹, Ph.D.; N. Kononova²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National University of Air Force;

²Semon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Communication channels play an important role in the educational process, they affect the quality and possibilities of education. The current martial law which was introduced in Ukraine on February 24, 2022 in connection with the full-scale

invasion of the Russian Federation has complicated the possibilities of education in the educational institutions. The search for effective and possible in such conditions, communication channels that will ensure the educational process is an urgent task. Ensuring the safety of education is becoming a priority of educational activities.

Among the possibilities of communicational forms between teachers and students, anyone can identify: personal contacts, virtual contacts and mixed forms of contacts.

Modern means of digitalization provide the opportunity to use additional tools in the form of digitalization tools in the implementation of the educational process.

A significant number of educational institutions in Ukraine, since the beginning of military aggression, have been directing efforts to find a balance between online and offline education. New channels and conditions of communication between teachers and students are being formed. The creation of online channels in the learning process requires additional technological and technical capabilities, as well as some skills in establishing communication.

The creation of security conditions that accompany the learning process is facilitated by the positive experience of communications gained during the COVID-19 pandemic.

Currently, the security situation in the country is undergoing changes, which requires appropriate actions to change the communication chains of the educational process.

FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF UNDERGROUND AVIATION REPAIR AND MAINTENANCE BASES

A. Bilyk; A. Reuta

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The design of underground aviation repair and technical bases has the following engineering and structural features: powerful reinforced concrete shelters with multi-layered structures that can withstand missile and air bomb strikes, careful concealment of entrances and ventilation systems, use of the natural landscape to reduce radar and thermal visibility, several tunnels for quick evacuation and maintaining functionality in the event of partial destruction, a system of protection against chemical, biological and nuclear weapons.

Therefore, taking into account the engineering and structural features, underground aviation repair and technical bases have the following infrastructure. Among other things, hangar facilities should be highlighted as the main areas for repair, maintenance and storage of aviation equipment. The infrastructure of underground aviation repair and technical bases also includes technical workshops and warehouses.

Separately, residential areas should be noted – for personnel who may be underground in the event of an emergency or to ensure the functioning of the infrastructure.

One of the important elements of the infrastructure is the power supply system, which includes autonomous generators, backup power sources and multi-level systems of distribution grids and automatic electrical automation systems.

Underground aviation repair and technical bases are key elements of military infrastructure that ensure the survivability and combat readiness of aviation even in

the most difficult conditions. A high level of protection, autonomy and integration with the general military system make them indispensable in the event of a high-intensity conflict.

ASPECTS OF DOMESTIC DESIGN OF UNDERGROUND WAREHOUSES OF AVIATION FUEL AND LUBRICANTS

A. Reuta

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The design of underground fuel and lubricant storage facilities for aviation enterprises during the war in Ukraine is of quite critical importance and at the present time is the first necessary situation for the prospective design of such strategic facilities. In European countries, underground aviation bases exist in several countries, in particular in those that have a strategically important location or where there are high requirements for the security and protection of aviation resources. These bases provide protection for aircraft from external threats and allow maintaining aviation readiness even in the event of hostilities.

The construction of these technological facilities makes it possible to provide protection from air strikes and missile attacks, since open storage of fuel and lubricants on the surface is an easy target for the enemy, while underground placement significantly reduces the risk of destruction of strategic fuel reserves. Such a location can also reduce the risk of detonation.

For underground structures, the presence of strong and stable soils that can withstand the load from tanks and equipment is important. Areas with hard and deep soil layers, where there is no high risk of landslides or flooding, are most suitable. The fuel depot should not be located in areas with high groundwater levels to avoid environmental contamination in the event of a leak. It is important to conduct geological surveys to determine the level and flow of groundwater. Areas with sandy and sandy loam soils are best for underground construction, as they have good drainage and are less susceptible to landslides. Clay soils can be more problematic due to their permeability.

OPERATING CONDITIONS OF OILS USED IN AVIATION GEARBOXES

D. Kinash¹; M. Sukhanov¹; I. Sukhanov²

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²Military Unit A3306

The main elements of aviation gearboxes operate in very difficult and stressful conditions of variable dynamic loads. These loads have a fairly wide amplitude-frequency spectrum, and the number of their cycles per resource can exceed tens of millions, while for aircraft design units, the number of variable loads per resource is only hundreds of cycles.

Data analysis shows that helicopter transmission elements transmit high powers. Due to relatively small dimensions, this leads to significant loads on the transmission elements and, in particular, on the lubricant. Thus, in the process of lubricating gears, the oil in the contact zone of the teeth is compressed under pressure, which can increase from atmospheric to 20000 atmospheres or more over a period of time ≈ 10 -5 seconds, then instantly fall to atmospheric.

The desire to reduce the mass, overall dimensions of gearboxes and to increase their reliability and durability leads to the need to use in their design parts (primarily gears), made with great precision, from high-quality structural materials that allow high voltages (up to 1400 MPa).

The most loaded are the gears of the last stages of the gearboxes of helicopter gas turbines, operating at circumferential speeds of 3 ... 20 m/s with a time between 5 (107 – 108) load cycles. Only 20% of cylindrical gears operate at circumferential speeds of 20 to 100 m/s or more, and about half of bevel gears used in aircraft products operate at speeds from 20 to 100 m/s.

FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF UNDERGROUND AVIATION REPAIR AND MAINTENANCE BASES

A. Bilyk, A. Reuta

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The design of underground aviation repair and technical bases has the following engineering and structural features: powerful reinforced concrete shelters with multi-layered structures that can withstand missile and air bomb strikes, careful concealment of entrances and ventilation systems, use of the natural landscape to reduce radar and thermal visibility, several tunnels for quick evacuation and maintaining functionality in the event of partial destruction, a system of protection against chemical, biological and nuclear weapons.

Therefore, taking into account the engineering and structural features, underground aviation repair and technical bases have the following infrastructure. Among other things, hangar facilities should be highlighted as the main areas for repair, maintenance and storage of aviation equipment. The infrastructure of underground aviation repair and technical bases also includes technical workshops and warehouses.

Separately, residential areas should be noted – for personnel who may be underground in the event of an emergency or to ensure the functioning of the infrastructure.

One of the important elements of the infrastructure is the power supply system, which includes autonomous generators, backup power sources and multi-level systems of distribution grids and automatic electrical automation systems.

Underground aviation repair and technical bases are key elements of military infrastructure that ensure the survivability and combat readiness of aviation even in the most difficult conditions. A high level of protection, autonomy and integration with the general military system make them indispensable in the event of a high-intensity conflict.

DATA SECURITY IN CONTENT MANAGEMENT SYSTEMS

O. Sievierinov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Y. Semerenko²

¹Kharkiv National University of Radio Electronics;

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Content Management Systems (CMS) are widely used both in corporate environments and by individuals for managing web resources. Given the importance and scale of the information processed by CMS, ensuring the security of this data becomes a critically important task.

The conducted analysis has shown that the main threats to CMS include SQL injection, cross-site scripting (XSS), cross-site request forgery (CSRF), and phishing. Additionally, the use of vulnerable outdated software versions allows attackers to gain unauthorized access to confidential information. Furthermore, insider threats can also lead to serious security consequences.

To counter these threats, several measures are proposed. The key security measures include regularly updating the CMS, plugins, themes, and server software. Access to critical system functions should be restricted using multi-factor authentication (2FA), which significantly complicates unauthorized access. Another essential measure is the protection of information during transmission and storage using HTTPS/SSL, ensuring data encryption between the client and the server. Web application firewalls (WAF) and intrusion detection/prevention systems (IDS/IPS) help monitor and block suspicious requests, providing protection against common web application attacks. Additionally, regular backups should be created to minimize losses in the event of a cyberattack or technical failure.

Other important measures include continuous security monitoring and auditing, as well as implementing organizational policies.

Thus, data security in content management systems is a complex task that requires the application of both technical and organizational measures. Protecting information not only prevents unauthorized access but also maintains data integrity and availability, which is critical for preserving reputation and user trust.

THE IMPACT OF DESIGN CHANGES IN LANDING CONFIGURATION ON AIRCRAFT BRAKING EFFICIENCY

L. Kapitanova, Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. Riabkov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

A. Koryagin; I. Kryshchovych

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"

The landing of a transport category aircraft is evaluated by its landing distance, which, according to ICAO standards, consists of several phases: gliding, flare, hold-off, touchdown on the runway, as well as non-braking and braking roll. The presence of a non-braking roll is associated with repeated bounces after the initial touchdown, the lifting of the landing gear wheels from the runway, which prevents the activation of wheel brakes.

The length of this phase and the amplitude of the bounces are mainly determined by the aircraft's landing configuration, the pilot's skill level, and weather conditions – factors that are critical in aviation incidents during landings.

It should be noted that the aircraft commander's intervention in these rapid processes is undesirable. Therefore, the primary factor affecting landing parameters is the aircraft's landing configuration and its main components: the wing and landing gear.

Aircraft designers have always prioritized solving this issue. However, recently, new design solutions have emerged that allow for more effective use of the aircraft's landing configuration during landing.

Such design solutions include slotted interceptors in deployable wing flaps and additional energy chambers in the shock absorption systems of the landing gear struts.

Their application is primarily recommended to enhance flight safety during aircraft landings.

In addition, these new design modifications to the landing configuration are proposed to improve the efficiency of wheel brakes during the non-braking roll.

THREAT AND ERROR MANAGEMENT CONCEPT IN AVIATION

*V. Dombrovskiy
Aviation company "SmartLynx" (Riga, Latvia)*

The Threat and Error Management (TEM) model is a conceptual framework that assists in understanding, from an operational perspective, the inter-relationship between safety and human performance in dynamic and challenging operational contexts.

TEM is based on a model developed by the Human Factors Research Project of the University of Texas in Austin (United States), the University of Texas Threat and Error Management Model (UTTEM).

The main objective of introducing the TEM framework to the Air Traffic Services (ATS) community in general, and the Air Traffic Control (ATC) community in particular, is to enhance aviation safety and efficiency. This is achieved by providing an operationally relevant and highly intuitive framework for understanding and managing system and human performance in operational contexts.

TEM is an operational tool designed to be primarily, but not exclusively, used by safety managers in their endeavours to identify and manage safety issues as they may affect safety and efficiency of aviation operations.

The TEM model focuses simultaneously on the operational context and the people discharging operational duties in such context. The model is descriptive and diagnostic of both human and system performance. It is descriptive because it captures human and system performance in the normal operational context, resulting in realistic descriptions. It is diagnostic because it allows quantifying complexities of the operational context in relation to the description of human performance in that context, and vice-versa.

ONE OF THE APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF FACTORS INFLUENCING THE CHOICE OF OPTIMAL FLIGHT TRAJECTORIES IN THE AIRSPACE OF FREE ROUTES

*S. Lisevych
Ukrainian State Flight Academy*

Continuous growth in air traffic requires an increase in airspace capacity, so optimal use of available airspace is of particular relevance. The research results published by ICAO indicate significant reserves that can be realized with a more rational design of the air traffic control system (TCS), for example, by giving air traffic participants more independence in choosing optimal routes and flight modes. In this regard, a dynamic TCS concept called "Free Flight" is being implemented to improve flight safety, airspace capacity, operational efficiency and economic performance. The usual goal of Free Flight is to transition to Free Route Airspace (FRA) and to phase out the old air traffic service (ATS) route network.

Free Route Airspace involves aircraft flying shorter and more profitable routes with fewer control points than the existing ATS route network. These routes are expected to increase the efficiency of airspace utilization with a simultaneous reduction in fuel costs, emissions and dispatcher-pilot communications.

FRA flights require a comprehensive approach to the evaluation of factors affecting the selection of optimal flight paths, which will be needed when planning specific flights.

The main areas of activity within the development of the above complex approach were: research into the influence on trajectory optimality of such factors as airspace structure, orthodromicity, dependence of fuel consumption on wind direction and speed, as well as the development of technology for assessing the influence of these factors on flight planning.

ІНШОМОВНІ СЛОВА, ІНТЕРНАЦІОНАЛІЗМИ ТА ЗАПОЗИЧЕННЯ В УКРАЇНСЬКІЙ АВІАЦІЙНІЙ ТЕРМІНОЛОГІЇ

В.В. Святченко, к.філол.н.

*Слов'янський фаховий коледж Державного некомерційного підприємства
"Державний університет "Київський авіаційний інститут"*

У результаті порівняння науково-технічної лексики слов'янських мов були помічені деякі особливості запозичення та вживання інтернаціоналізмів. Можна виділити спільний для цих мов шар інтернаціоналізмів, який складається із слів, запозичених із латинської та грецької мов. Цей пласт шліфувався та поповнювався протягом століть, тому чимало запозичених інтернаціоналізмів увійшло в словниковий склад кожної слов'янської мови.

В українській авіаційній термінології досить велика кількість іншомовних слів, інтернаціоналізмів (аеродинаміка, аеропорт, гелікоптер) та запозичень (віраж, тангаж), а також слів, які складені з іншомовних елементів та не існують як самостійні терміни в мові, з якої вони запозичені (екраноплан).

У результаті змінення значення терміна внаслідок розвитку поняття, класифікаційної спорідненості, суміжності понять тощо деякі терміни переходять в авіаційну термінологію з інших (генератор, гвинт), це актуально для деяких загальноживаних слів (вантаж, вітер, хвиля). Велика кількість авіаційних термінів засвоюється літературною мовою та стає загальноживаними лексичними одиницями (літак, аеропорт), деякі переходять в інші терміносистеми (ангар, пілот).

Питання про те, як розробляється, впорядковується авіаційна термінологія є об'єктом ґрунтовного вивчення мовознавців.

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ФІШИНГОВИХ АТАК

А. Марчук, к.т.н.

Харківський національний університет радіоелектроніки

В умовах стрімкого зростання фішингових атак, націлених на користувачів електронної пошти, месенджерів та соціальних мереж, традиційні методи аналізу контенту часто не справляються з виявленням тонких і динамічно змінюваних шаблонів шахрайських повідомлень.

Використання великих мовних моделей Large Language Models (LLM) надає нові можливості вирішення завдання виявлення фішингових атак. Завдяки здатності LLM аналізувати текст на глибокому семантичному рівні, вони можуть виявляти не лише явні ознаки шахрайства, а й тонкі нюанси, що вислизують від традиційних алгоритмів. Модель здатна враховувати контекст, стилістичні особливості і навіть емоційні відтінки повідомлень, що дозволяє більш точно розпізнавати патерни, що змінюються в атаках. Такий підхід забезпечує адаптивність системи. З появою нових тактик зломисників LLM здатні швидко “навчитися” розпізнавати їх, оновлюючи свої внутрішні уявлення без необхідності ручного втручання. Крім того, інтеграція LLM у системи виявлення фішингу сприяє зниженню числа помилкових спрацьовувань, оскільки модель здатна відрізнити легітимні повідомлення від потенційно небезпечних навіть за наявності схожих загальних структурних чи стилістичних ознак.

Таким чином, застосування великих мовних моделей не тільки підвищує точність виявлення фішингу, а й значно прискорює процес реагування на інциденти, забезпечуючи надійний захист користувачів у цифрових сучасних комунікаціях.

ANALYSIS OF PROBLEMS OF ELECTROMAGNETIC INTEREST IN MICROPROCESSOR DEVICES OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION

P. Grizodub; O. Grizodub

*Slovenian Faculty College of the State Non-Profit Enterprise
"State University "Kiev Aviation Institute"*

Modern microprocessor devices of relay protection and automation (relay protection and automation) play an important role in ensuring the safety and reliability of the operation of electrical power systems. However, these devices are sensitive to electromagnetic transients, which can lead to malfunctions in their robots, as a result, to emergency situations.

The main reasons for the dismissals, pardons and applications for RZA are: faulty possession, not far away programming, incorrect connection of devices, lack of training for staff, problems with the interface, influx of external factors.

Zagalom, in order to eliminate the reasons for the detection, approval and specification of relay protection devices, it is necessary to carry out regular technical maintenance and control of parameters, training of personnel, as well as the maintenance of various technical solutions and software adjustments.

The first priority of the secured EMC is the design of the device in accordance with the standards in which the EMC parameters are determined. In addition, it is necessary to test the device for compliance with these functions. Testing is carried out on special stands that create individual electromagnetic transformers of varying strength and frequency.

Prote, Not always maybe re-observe All Factories, what may get stuck to work relay protection devices. Tom it is necessary to add additional information come in, straightened on change inject. They are electromagnetically transferred to the device. One of these methods is a frozen screen, which allows you to change the level of electromagnetic transients, created in others extensions and equipped.

Another important factor is the correct placement of the device in the system.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ НЕПРЯМОЇ ВИДИМОСТІ ЗАХИЩЕНИХ ВІД ВПЛИВІВ ДЖЕРЕЛ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ З БПЛА

А. Марчук, к.т.н.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Одним з методів боротьби від впливів джерел радіовипромінювання на системи зв'язку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є використання оптоволокна. Але таке рішення має суттєвий недолік, бо цей канал зв'язку є одноразовим.

Існують лазерні системи, що не потребують використання оптоволокна. Однак такі системи також мають ряд недоліків. В них складна система управління лазерним променем, а наявність фізичних перешкод призводить до втрати зв'язку.

Розвиток техніки оптичних систем зв'язку визначив появу відкритих оптичних систем зв'язку непрямої видимості NLOS (Non Line Of Sight), серед яких найбільш відомі системи NLOS UV (Ultra Violet) ультрафіолетового діапазону. Відомі системи із дальністю зв'язку в сотні метрів.

Випромінювання антени передавача NLOS орієнтується вгору, а за рахунок відбиття хвиль від шару атмосфери розсіяне випромінювання ультрафіолетового діапазону приймається БПЛА, наприклад, за деревами або за високими будинками.

Пропонується в такій апаратурі на етапі до перетворення в оптичний сигнал використовувати блоки часового розділення каналів. В цьому випадку є можливість з одного пункту забезпечити зв'язок з декількома БПЛА декільком операторам. Наприклад, для одного БПЛА використовується одна пара каналів (для управління і інформаційний), а для другого БПЛА задіяна друга пара з чотирьох. Всі канали інтегруються в один оптичний канал, доступ до якого мають обидва БПЛА за рахунок ефекта розсіювання, що створює конус кутів, в якому знаходяться обидва літаючі об'єкти. Вплив радіохвиль на оптичну систему зв'язку NLOS відсутній.

ЗАСТОСУВАННЯ КУТОВИХ ВІДБИВАЧІВ ДЛЯ ТАРИРОВКИ МЕТЕОРАДАРІВ

Ю.В. Севостьянов, к.т.н.; В.П. Мальцев, к.т.н.

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова
Національної академії наук України*

Розглядається застосування кутових відбивачів, які призначені для маскування літальних апаратів, при перевірочних вимірюваннях дальності контрольної цілі, інтенсивності та поляризації радіолокаційного відбиття.

При визначенні перших трьох моментів доплерівського спектру, фази та поляризації радіолокаційного відбиття від метеоутворення із-за зміни фізичних властивостей атмосфери та технічних характеристик радару виникають похибки їх вимірювання.

Таріровка радару полягає у прийомі відбитого від кутового відбивача сигналу, підсиленні, перетворенні у цифрову форму та вводу до ЕОМ. Кутовий відбивач встановлюється на заданій дальності та висоті і радар опромінює кутовий відбивач. Метеорологічні умови при цьому фіксуються і разом з

відомими ЕПР, дальністю і кутом піднесення відбивача та зберігаються у пам'яті комп'ютера. Відбитий кутовим відбивачем сигнал, виділяється антенною, потрапляє до приймального тракту радару, де перетворюється, підсилюється, оцифровується за допомогою АЦП та подається до ЕОМ, де обробляється і зберігається. Ця інформація використовується при обробці сигналів, що відбиваються метеоутворенням у поточних метеоумовах, які також фіксуються. Відбиття від метеоутворення проходить аналогічні етапи прийому та обробки, що й відбиття від кутового відбивача.

КОМПЛЕКСУВАННЯ РАДАРІВ ПЕРЕДЬОГО ОГЛЯДУ ТА ЗАСОБІВ РАДІОНАВІГАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ У ЦИВІЛЬНІЙ АВІАЦІЇ

*Ю.В. Севостьянов, к.т.н.; А.А. Мозила, к.ф.-м.н.
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова
Національної академії наук України*

Розглядаються пропозиції по комплексуванню бортових радіолокаційних систем (БРЛС) переднього огляду (ПО) з засобами радіонавігації та системою єдиної індикації (СЄІ) для підвищення безпеки польотів літаків цивільної авіації шляхом інтегрування БРЛС ПО та бортових засобів радіонавігації в єдиний цифровий інформаційний комплекс.

Самий відповідальний та найнебезпечніший етап польоту – захід на посадку. На цьому етапі повітряне судно маневрує у горизонтальній та вертикальній площині. При нерівному ландшафті виникає небезпека зіткнення літака з землею поверхнею, особливо при посадці на аеродром у високогір'ї. Бортові засоби радіонавігації дають інформацію лише про азимут та дальність і не відтворюють вертикальний профіль підстильної поверхні у місці посадки. Зазвичай авіаційні БРЛС ПО функціонують окремо від засобів радіонавігації і видають інформацію лише про дальність і кутові координати. У СЄІ формується радіолокаційне зображення переднього огляду у координатах “азимут – дальність” у горизонтальній площині. Але електронно-обчислювальна машина БРЛС ПО не в змозі сформувати безпечну траєкторію обльоту перешкод в азимутальній та вертикальній площині, так як не забезпечена радіонавігаційною підтримкою.

Комплексування БРЛС ПО, засобів радіонавігації та СЄІ має підвищити безпеку польоту літаків цивільної авіації.

ПОРІВНЯННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГВІНТІВ КВАДРОКОПТЕРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ЇХ 3D МОДЕЛЕЙ

*А.М. Мартинюк
Українська державна льотна академія*

Розвиток безпілотних літальних апаратів квадрокоптерного типу зумовлює зростання вимог до їхніх льотних характеристик. Вони залежать від низки факторів, серед яких: потужність двигунів, ємність акумулятора, характеристики електроніки керування, алгоритми програмного забезпечення, а також аеродинамічні властивості гвинтів.

Метою нашої роботи є дослідження аеродинамічних параметрів гвинтів квадрокоптерів, які є ключовим елементом, що забезпечує підйомну силу. Конструкція гвинтів зазвичай є складною і включає аеродинамічні профілі різних типів. Іноді в одному гвинті використовуються кілька профілів, що дає можливість оптимізувати характеристики на різних швидкостях обертання або в специфічних умовах експлуатації, таких як вологість повітря чи турбулентні збурення. Традиційно перевірку ефективності гвинтів квадрокоптерів проводять шляхом практичного тестування: комплект гвинтів встановлюють на квадрокоптер, проводяться випробування у різних режимах та здійснюється подальший аналіз отриманих результатів. Такий підхід наряду зі своєю ефективністю має і недоліки, оскільки потребує значних фінансових та часових витрат, окрім того не завжди дозволяє повністю оцінити всі аеродинамічні параметри гвинтів. У зв'язку з цим пропонується використовувати тривимірні моделі гвинтів і для них проводити заміри аеродинамічних параметрів у відповідних програмах моделювання.

Показана можливість порівняння гвинтів квадрокоптерів за різними аеродинамічними характеристиками з використанням тривимірних моделей цих гвинтів у програмах тривимірного моделювання.

СЕКЦІЯ 25

ПЕРЕПІДГОТОВКА ТА ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ АВІАЦІЙНОГО ПЕРСОНАЛУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: полковник Булавка Ю.В.;
полковник Шевцов Ю.С.
Секретар секції: майор Лук'яненко С.А.

THE RELEVANCE OF TRAINING SPECIALISTS IN AVIATION FLIGHT SAFETY FOR THE ARMED FORCES OF UKRAINE

Yu. Bulavka¹; A. Panchuk²; O. Sapov²

¹Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

When using combat aviation equipment, one of the most important tasks is ensuring flight safety in the context of repelling armed aggression by the Russian Federation. In the overall flight safety system, the training phase for aviation specialists in flight safety plays a crucial role. A key factor is the knowledge of aviation commanders at all levels regarding potential causes of aviation incidents and accidents. This enables them to approach the prevention of dangerous conditions with greater responsibility in the course of their duties, as the neglect of these factors leads to disasters, accidents, and incidents. Understanding these factors allows for a well-founded approach to the analysis and evaluation of flight safety status.

To ensure flight safety, it is essential to properly follow the requirements of regulatory documents that govern the functioning of the aviation system, as well as to prevent the influence of new or already known dangerous factors.

The current state of flight safety is studied in more detail within the field of flights themselves, and during their preparation, but is practically never addressed at the level of units and subdivisions that provide flight support. However, during the flight support phase, important dangerous situations arise that directly affect the state of flight safety.

Quality training of aviation specialists in flight safety is an important component of the modern systematic approach to ensuring flight safety at all stages of preparation and operation of aircraft. The successful resolution of this issue directly influences the elimination of dangerous factors, which will subsequently enhance the combat readiness of the Ukrainian Armed Forces' aviation when performing tasks as intended.

PATTERNS IN DECISION-MAKING BY COMMANDERS OF AVIATION UNITS: RISKS OF PREDICTABILITY AND METHODS OF REDUCING THEM

Yu. Shevtsov; A. Voronin; O. Ivanov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Decision-making in the military sphere is extremely important, especially for aviation unit commanders who are responsible for successfully executing complex tasks. Prolonged combat duty can significantly impact the variability of decision-

making due to combat stress factors. Reduced variability in decision-making, in turn, leads to the emergence of patterns due to the biological nature of humans. The emergence of patterns in a commander's decision-making increases predictability, raising the likelihood of the enemy uncovering operational plans and, consequently, increasing the probability of mission failure.

An analysis of decision-making by a group of aviation experts from the command echelon, surveyed using a developed methodology (participants formulated task options for an aviation unit commander from a predefined set of 19 parameters and proposed corresponding solutions from a set of 18 parameters), showed that in 82% of cases, decisions exhibited signs of templated thinking. This can limit flexibility and adaptability in critical situations.

Identifying patterns in decision-making is a crucial step toward improving efficiency and adaptability. Therefore, conducting research to develop an algorithm for pattern detection and a methodology for aviation military commanders' decision-making is a relevant task. The goal is to prevent predictability and reduce the likelihood of operational plans being uncovered.

IMPROVING THE EFFICIENCY AND QUALITY OF FLIGHT TRAINING MANAGEMENT TEAM OF THE STATE AVIATION OF UKRAINE

*V. Bohaichuk; V. Durov; A. Mistiukovych
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The loss of control over the airfields used in the system of practical training of aviation personnel and the commissioning airfields that were not used until 2022 forces the Air Command of the Armed Forces of Ukraine to implement measures to improve the quality and efficiency of training of flight control group (FCG)

The analysis of the FCG training process proved that the functionality of the "VISP-75 T" based simulators used for practical training cannot fully provide training in the specialty of airfield flight director (AFD). There is no possibility of practical training in the management of the movement ground vehicle and aircraft at the airfield, visual control of the landing and takeoff of aircraft, actions in special situations that occurred on the ground and in the airspace of the visual control zone, etc.

Modern information technologies provide solutions that allow creating a workplace visualization system for the AFD simulator based on the "VISP-75 T". The report presents structure of the software and algorithmic complex of the simulator visualization system. The availability of such a system will improve the quality and efficiency practical component of the AFD training process with a simultaneous increase in flight safety by reducing the number of practical flights required for training in accordance with the relevant FCG training procedure.

REDUCING THE RISK OF DANGEROUS SITUATIONS IN FLIGHT

*S. Yasyk; S. Ivashchenko; P. Dzhebzeniak
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aircraft combat operations in repelling armed aggression are characterized by the performance of flight missions during which flight crews are forced to operate at close to the limit, which often leads to dangerous situations in flight.

At the same time, there are established flight safety requirements for combat missions. The available on-board objective monitoring equipment that aircraft of aviation military units are equipped with allows analyzing flight parameters to monitor compliance with the established flight and operational restrictions and assess the correctness of flight crews actions. However, such control can be performed only after the flight has been performed based on objective control materials.

In order to assess the level of danger a situation arising in flight when approaching the limit operating conditions of aircraft, the command post (aviation control center) must have real-time flight information. The development of modern information technologies makes it possible to implement the information support we need on the basis of an automated command and control center (ACCC).

The report discusses proposals for integrating a parameter control and visualization system into the existing ACCC. The availability of such a complex will allow air traffic control authorities to have a complete picture of the air situation in certain area, to ensure continuous monitoring of the technical condition of its forecasting, and to make a balanced and correct decision in the event of special cases (situations) in flight.

INTRODUCING THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TRAINING OF FLIGHT PERSONNEL

*I. Politov; R. Kozyrev; R. Godunov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Traditional training methods are time-consuming and costly, making the use of artificial intelligence relevant to improve the efficiency of training and retraining processes.

AI can accelerate the process of learning a new type of aircraft by providing adaptive training based on the individual characteristics of each pilot.

AI enables the creation of high-performance simulators that can accurately mimic the behavior of a new aircraft, including specific control features, dynamics, and emergency situations.

Adaptive AI-enabled simulators are able to adjust to a pilot's skill level, providing the most relevant scenarios and adjusting training intensity.

Artificial intelligence can monitor all pilot actions, detect errors in controlling a new type of aircraft and provide detailed feedback immediately after the task is completed.

The adaptability of AI allows reducing the number of hands-on training sessions, replacing them with efficient virtual training, which saves resources significantly.

Expected benefits include reduced time to learn new technologies, improved pilot training and reduced risk in operating new aircraft types.

ADAPTATION OF THE TRAINING PROGRAM FOR AVIATION CONTROLLERS FLIGHT SUPPORT GROUP IN THE CONDITION OF REPELLING ARMED AGGRESSION

*A. Neveskyi; M. Hudkov, Candidate of Technical Sciences; V. Kolomic
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Russian Federation's armed aggression against Ukraine during 2022-2025 led to a temporary loss of control over a certain part of territory in the east and south of our country, where air traffic control centers (ATCC) airfields used in the practical

training of air traffic controllers (ATC) were located. Under such conditions, it became impossible to conduct practical training at airfield ATCC in the process of retraining and advanced training of ATCs.

The teaching staff of department (training of aviation combat support specialists) submitted proposals to amend the ATC training plan. The essence of the proposal is to create an ATC workplace (WP) at the department's ATCC (simulator). The workplace is equipped with all types of communication equipment and a full set of documents required by the regulatory framework for organizing and conduction flights. Practical ATC training is conducted in with the practical training of the flight management group.

The implementation of the proposals made it possible:

to work out all elements of the practical components training with the possibility of their repeated implementation;

reduce the cost of conducting practical ATC training;

increase flight safety indicators during ATC training by using a simulator instead of practical flight operations.

PECULIARITIES OF IMPLEMENTATION OF DISTANCE LEARNING IN RETRAINING AND ADVANCED TRAINING AT THE FACULTY OF RETRAINING AND ADVANCED TRAINING OF AVIATION PERSONNEL

*R. Leshchenko; A. Pomerantsev; V. Yurchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the faculty, the introduction of distance learning is due to the rapid development of information technology, and on the other hand, the peculiarities of the educational process in the context of the full-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine.

Conducting distance learning involves the creation of a certain model of communication and interaction between the subjects of the educational process:

1. Student – teacher. Regular interaction between the student and the teacher is crucial in the learning process. Distance learning is a form of education in which the teacher plays an important role in addition to the student: modeling the learning process, increasing motivation, selecting and determining the form of presentation of material, teaching methods, managing the process, controlling and providing feedback.

2. Listener – listener. In the course of this interaction, students exchange experience in performing certain tasks, learning new topics, and searching for materials. It helps to develop cooperation skills that will be useful in future activities.

3. The student is the command of the faculty. The faculty organizes the educational process (class schedule), logistics, support for the use of ICT, and the creation of an information and educational space.

4. The teacher is the command of the faculty. The result of this cooperation is developed and approved curricula, plans, class schedules, created information environment, management system, comfortable conditions for both students and academic staff. The interaction between the faculty and the faculty command will help to resolve problems quickly.

**THE PROBLEM OF IMPLEMENTING GUIDING DOCUMENTS
IN THE PROCESS OF RETRAINING (ADVANCED TRAINING)
OF AVIATION ENGINEERING SPECIALISTS**

*B. Karpenko; O. Fedorov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The documentation used by the Aviation Engineering Service (hereinafter referred to as the AES) in its daily activities is divided into: statutory, regulatory, operational, repair, numbering, accounting and reporting.

As the Air Force develops and new and modernized aircraft models emerge, relevant documentation and standards are created that need to be studied and implemented in the process of retraining and professional development.

The academic staff of the Faculty of Retraining and Advanced Training of Aviation Personnel (hereinafter referred to as FP and ATP) must constantly expand, improve and update their knowledge in accordance with the current documentation in order to ensure quality retraining of students. Since the beginning of the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine in 2022 and until now, the FP and ATP unfortunately receive only partial information on changes and additions to the existing AES documentation and on new or modernized aircraft models. In most cases, such information is not freely available and cannot be found on your own, which reduces the quality of retraining. It is proposed to create a unified electronic register of current guiding documents (with limited access) in order to timely inform the teaching staff about changes and additions to the guiding documents in the field of aviation engineering.

**IMPROVING THE QUALITY OF THE TRAINING PROCESS
IN THE ACQUISITION OF COMPETENCIES BY THE NAVIGATOR'S
LEADERSHIP IN THE CONTEXT OF REPELLING ARMED AGGRESSION**

*O. Yevtushenko; E. Stepanov; A. Ponomarenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern training in Ukraine is based on an evolutionary and synergistic approach that emphasizes the importance of interdisciplinary aspects, the integrity of theoretical knowledge, skills and abilities, and their compliance with the requirements of regulatory documents governing aviation activities. This makes it possible to assess both individual competencies and the overall level of training of the senior navigators.

However, there is a contradiction between the need for qualified leadership and the capabilities of the training system. This creates the need to develop methods to improve the quality of the training process.

The analysis of the problem improving the quality of education has shown that three main groups of methods can be distinguished: intensification of the educational process, introduction of the various technical means of education, and transfer of the learning process from a passive to an active form.

The third group, which includes methods of stimulating students to independently search for information under the guidance of a teacher, is the most promising for improving the quality of training for senior navigators. These methods include the introduction of a rating system, the provision of additional evaluation

points, the "flipped room" method and others. This approach can increase the efficiency of achieving high standards of training that meet modern requirements and challenges.

ANALYSIS OF POSSIBILITY OF REDUCING THE TIME FOR FLIGHT CREW RE-TRAINING ON FOREIGN-MADE AIRCRAFT

*B. Karpenko; S. Zhuravlev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern experience in the use of air force shows that the speed of mastering new models of aircraft during martial law is one of the key tasks of personnel training. The Armed Forces of Ukraine are currently on the verge of solving the problem of obtaining aircraft of the latest models of aircraft, which will provide new opportunities in planning air operations. Analyzing the experience of combat operations, we see that in order to further resist the armed aggression of the Russian Federation, more modern models of aviation equipment and weapons will be required, therefore, it is necessary to prepare for the probable receipt of the latest models now. To master foreign-type aircraft, the issue of re-training of fight and engineering personnel is acute. At the initial stage, it is possible to conduct primary training of candidates, which can be carried out in Ukraine. Currently, there is some flight documentation for the F-16 aircraft translated into Ukrainian and adapted to the understandable concepts of the design features of the aircraft and systems by the flight and engineering and technical staff. The teaching staff is able to quickly demonstrate the main differences, the operation of systems, equipment management and control, abbreviations and acronyms, and determine the direction and priorities of training for the F-16 aircraft. The analysis shows that a small group of 5-7 person of the LS or ITS can already be trained now, in 8-10 days, to a level that will significantly reduce the time for mastering systems and equipment, freeing up time for more complex systems, such as weapons control. Adjust the direction of independent training in your free time until the moment of sending for retraining to NATO countries. Pre-training will eliminate the element of uncertainty and insecurity in mastering modern aircraft, aircraft systems and ITS, even with weak knowledge of a foreign language.

THE PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND TECHNICAL PERSONNEL ON THE ORGANIZATION AND ASSURANCE OF OBJECTIVE CONTROL OF AIRCRAFT IN THE CONTEXT OF COUNTERING ARMED AGGRESSION BY THE RUSSIAN FEDERATION

*A. Pomerantsev; R. Leshchenko; V. Yurchenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The professional development of engineering and technical personnel on the organization and assurance of objective control of aircraft, particularly specialists in flight data recording systems (FDRS) and objective information (OI), is a critically important element of flight safety in the context of armed aggression, as threats are becoming increasingly complex and sophisticated.

Thus, the tasks set before the teaching staff for professional development include:

- developing training programs that take into account the specifics of operating and maintaining flight data recording systems, as well as new methods for processing aviation information;

- preparing personnel to work with advanced technologies and systems that ensure real-time data monitoring and analysis.

The professional training of FDRS and OI specialists should be based on:

- a detailed study of the principles of operation and configuration of flight data recording systems;

- training in skills for performing technical maintenance and testing of equipment to ensure its uninterrupted operation in field conditions;

- advanced training in methods for collecting, processing, and analyzing information obtained from aircraft to enable prompt decision-making;

- developing skills in working with analytical systems and software for data processing, which enhances the efficiency of management processes.

THE RELEVANCE OF TRAINING SPECIALISTS FOR THE COMMAND AND STAFF COURSE AT THE TACTICAL LEVEL OF THE AIR FORCE (L-2)

*V. Landishevskiy; Yu. Skoboviat; D. Krivtsov; S. Lukianenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Tactical-Level Command and Staff Course L-2 is a crucial stage in the training of Air Force specialists, as it enhances operational thinking, tactical proficiency, and professional skills.

The newly established multi-level system of professional military education consolidates up-to-date knowledge bases, analyzes modern combat experience, and studies planning procedures and military decision-making processes in accordance with NATO standards. Innovative teaching methods, simulation technologies, practical application of various branches and arms of the military, foreign language proficiency, and continuous language skill development – this comprehensive approach enables the implementation of the lifelong learning principle throughout military service.

War has taught us – and continues to teach us – that all representatives of aviation branches and Air Force units must train together in a shared learning environment, as operational (combat) planning and military decision-making are conducted collectively. Given the rapid advancement of military technology and the evolving tactics of the adversary, the course curriculum must be continuously updated to address emerging challenges and threats.

Achieving an effective and efficient level of interagency cooperation, coordination, and synchronization among aviation branches, Air Force units, the Armed Forces of Ukraine, and other security and defense components during joint operations (combat actions) at the level of combined headquarters in accordance with NATO standards and procedures is only possible through the establishment of a unified and standardized training system for security and defense personnel.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE RETRAINING OF MILITARY PILOTS

*O. Fedorovskyi; O. Kanishchev; I. Dementiev
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report examines the possibilities and benefits of using artificial intelligence (AI) in the retraining of military pilots. This includes an analysis of simulation modelling, virtual reality and machine learning technologies, as well as their impact on the effectiveness of training pilots for new types of aircraft and combat tactics.

Simulation modelling and virtual reality remain the backbone of pilot training. The main advantage of the virtual environment is the creation of simulations that recreate real-life combat situations, which makes it possible to practice skills in a safe environment.

Virtual simulators with AI integration significantly accelerate training by customising scenarios. By analysing pilot behaviour in real time, AI adjusts training to ensure an optimal balance between task complexity and pilot skills, which reduces training time.

The following formula can be used to estimate the time required:

$$T_{total} = \sum_{i=1}^n T_i \times (1 - E_i), \text{ where}$$

T_{total} – is the total training time;

T_i – is the time to complete a particular task;

E_i – efficiency of the task (range from 0 to 1).

This formula takes into account the efficiency of performance, which directly affects the total learning time.

Given the growing complexity of modern aviation and the need for rapid adaptation, AI is becoming an indispensable tool that opens up new horizons in pilot training.

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE FLIGHT CREW RETRAINING PROCESS

*R. Kozzyrev; R. Godunov; I. Politov
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The pilot's relearnability becomes a specific professional ability and a condition for the effectiveness of the retraining process. The retraining process needs to be developmental in nature, not informational, in line with existing practice. In order to determine the ability of flight personnel to master foreign models of equipment, it is advisable to conduct a pedagogical diagnosis of the abilities of flight personnel at the first stage with the determination of the ratings of candidates according to certain criteria.

One of the ways to improve the efficiency of the flight crew retraining process is to ensure that the organization, content, and methodology of the retraining process meet modern requirements; to match the desires and aspirations of the flight crew to retrain, and their ability to change the previous way of mastering the new aircraft. The training process should be directed to:

– In terms of organization, scheduled training sessions should be supplemented by unscheduled classes in the form of independent work, thereby ensuring the implementation of the principle "from a knowledgeable specialist to a self-study specialist"; participation in scientific conferences; and holding colloquia.

– In terms of content, retraining is based on a problem-based approach. The emphasis is on actualizing the ability to self-education through the development of creative thinking.

– Methodology improvement – to introduce innovative retraining technologies (trainings, organizational and organizational and mental games; forecasting the abilities of flight personnel in mastering control systems with artificial intelligence; improving the effectiveness of distance learning, which can both provide preparation for retraining and theoretical improvement in the process of operating a new aircraft.

RE-TRAINING AND ADVANCED QUALIFICATION OF AVIATION PERSONNEL OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF REFUSING ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION

V. Zhuikov; V. Chekunov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

At the current stage of development and reform of the Armed Forces of Ukraine, the priority issue is the re-training and advanced qualification of aviation personnel of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of repelling armed aggression of the Russian Federation. The Armed Forces of Ukraine have a need to create such a system of re-training and advanced qualification of aviation personnel, which would be characterized by flexibility and efficiency and meet the needs and tasks of the military organization, taking into account the real economic capabilities of the state. A weak point in the existing system is the significant duration of training.

To solve this problem, it is recommended to introduce additional training courses into retraining courses, which provide faster familiarization of aviation personnel (AP) with the achievements of aircraft construction and thereby reduce the duration of the educational process, and to provide only "key" basic information in the lessons, that is, only "reference points", and we propose to further consolidate the material in the process of conducting independent training. This approach allows teachers to provide a larger amount of information in a shorter period of time allocated for training.

Students of retraining courses for AP often have weak initial training and experience difficulties in mastering the material, but they can successfully complete the learning process if the educational system is able to implement "soft", non-linear management of the educational process, taking into account the technical and intellectual capabilities, capabilities, qualifications and level of training of all participants in the educational process. All this creates the prerequisites for adapting the learning process to real conditions in order to save resources (costs) while achieving the ultimate goal – acquiring established competencies or a certain level of qualification.

THE PROBLEM OF THE LACK OF QUALIFIED PERSONNEL IN THE PERFORMANCE OF MILITARY REPAIR

V. Martyniuk; O. Protsenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The high intensity of flights in the area of combat operations, and especially enemy shelling of aircraft locations, leads to the appearance of combat damage. The elimination of their consequences on the aircraft is carried out thanks to MR, which are carried out by the forces and means of military units, with the involvement of available specialists for this.

The large number and variety of consequences of the impact of combat damage on aircraft complicates the restoration process. In addition, requirements are added for the urgency of restoration, mobility and masking of repair sites, etc. At the same time, during combat operations, MR are the main type of restoration of aircraft serviceability. After all, restoration maintains the established level of serviceability and readiness of aircraft for combat use.

When performing MR, the problem of the availability of qualified specialists arises, because in Ukraine there are no educational institutions that would provide training for personnel of the necessary nomenclature. The required number of specialists, the level of their skills in conducting MR, the level of equipment with the necessary means and materials ensures a technically feasible and economically feasible restoration of the parameters and characteristics of aviation equipment products that change during operation and determine the possibility of using the aircraft for its intended purpose.

The problem of the lack of qualified personnel to provide MR is particularly acute during the repelling of the full-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine.

IMPLEMENTATION OF TRAINING FOR SPECIALISTS OF HELICOPTER MILITARY UNITS AND AVIATION SUBUNITS OF THE UKRANIAN ARMED FORCES' ARMY AVIATION INTO THE L-1A, B COURSE SYSTEM

V. Zahnyda; M. Havrysh; O. Afanasiev; O. Zhalieiko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Given the ongoing reform, it can be stated that Ukraine has a system of Professional Military Education (PME), a term aligned with NATO standards.

Professional Military Education is a new component of military education that operates through the implementation of a multi-level system of L-courses (L1-L5) for the officer corps of the Armed Forces of Ukraine and other components of the security and defense sector. Its goal is to provide tactical, operational, and strategic levels of military education.

The tactical level of military education is divided into four courses: L-1A, L-1B, L-1C, and L-2.

Completion of the L-1A course, specifically for helicopter aviation personnel, enables officers to acquire a tactical level of military education, including training in helicopter operation and maintenance, aviation systems study, and flight safety principles.

During the L-1B course, students undergo training on a specific helicopter type, gaining in-depth knowledge of its specialized systems and the tactics of its combat application.

The courses are designed and structured to develop motivated and responsible officer-leaders with a strong desire for continuous learning and career growth. Graduates will be well-versed in planning procedures and military decision-making processes according to NATO standards. Each officer will acquire a broad spectrum of knowledge, from fundamental concepts to professional and specialized expertise.

| | | | | | |
|---------------------|-----|--------------------|-----|------------------------|-----|
| Bezкровnyi R..... | 123 | Bondarenko S..... | 235 | Buzenovska K. | 80 |
| Bezlepkin V..... | 225 | Borets M. | 446 | Buzenovsky V..... | 80 |
| Bezpalyy V..... | 92 | Borkovskiy R..... | 583 | C | |
| ..... | 95 | Borovy I. | 265 | Cabbarova T..... | 754 |
| Bezruchenko O. | 279 | Borozenets I..... | 357 | Chaun Yu. | 65 |
| Bezverkhyy S. | 607 | ..... | 358 | ..... | 87 |
| ..... | 612 | ..... | 360 | ..... | 92 |
| Bidun A. | 240 | Bortsova M. | 608 | ..... | 95 |
| Biekirov A. | 822 | ..... | 610 | Chebanenko V..... | 83 |
| Bielavin O. | 294 | Borysenko K..... | 803 | Chechui O. | 310 |
| Bielimov V. | 424 | Borysenko M. | 12 | ..... | 311 |
| ..... | 514 | ..... | 472 | Chekanov A..... | 417 |
| Bielous M. | 424 | ..... | 474 | ..... | 420 |
| ..... | 514 | ..... | 540 | ..... | 425 |
| Bielykh D. | 582 | Borysenko O. | 261 | Chekharin S..... | 630 |
| Biesova A. | 165 | ..... | 264 | Chekunov V. | 860 |
| Biesova O. | 567 | Borysov V..... | 237 | Chekunova O..... | 315 |
| ..... | 573 | Bovkun A..... | 151 | Chepurnyi V..... | 286 |
| Bilchych N..... | 312 | ..... | 154 | Cheranovskiy V..... | 478 |
| Biletska V..... | 809 | Bovt V. | 675 | Cherepenko I..... | 65 |
| Biletskyi S. | 299 | Boyko O..... | 634 | Cherkashyn S. | 416 |
| Bilichenko I..... | 305 | Bratko V. | 246 | Cherkashyna Yu..... | 784 |
| Bilichenko O..... | 338 | Bratus O. | 105 | Chernenko V. | 282 |
| Bilyk A. | 842 | Bratychenko V..... | 241 | Chernoculsky A..... | 652 |
| ..... | 844 | Brechka M. | 414 | Chernovol N..... | 807 |
| Bindalov V. | 478 | Bryk T..... | 779 | ..... | 808 |
| Blashchuk S. | 312 | Brytov M..... | 510 | ..... | 810 |
| Bobrivnyk D..... | 149 | Bublyk M..... | 286 | Chernyshova T. | 709 |
| Bobrivnyk D..... | 162 | Budur I..... | 713 | Chertok O..... | 54 |
| Bobrytska H..... | 809 | Bugas M..... | 714 | Cheryednychenko O..... | 448 |
| ..... | 810 | Bukhalov I. | 268 | Chetvertak V. | 59 |
| Bodiak O. | 44 | ..... | 323 | ..... | 790 |
| Bohaichuk V..... | 853 | ..... | 324 | Chmykhalo O. | 279 |
| Bohdanov R..... | 828 | Bulatov M. | 124 | Chopenko A. | 834 |
| Bohdanovska K. | 370 | Bulavka Yu. | 852 | ..... | 835 |
| Boiko M..... | 182 | Burchin Yu. | 838 | Chopenko Y. | 355 |
| ..... | 186 | Buriak R..... | 118 | ..... | 356 |
| Boiko S..... | 420 | Burkovskiy S. | 50 | Chuchvaga D..... | 178 |
| ..... | 713 | Burtsev V..... | 246 | Chumak B. | 218 |
| ..... | 836 | Burtseva V..... | 246 | Chumak S..... | 411 |
| Boiko V..... | 87 | Busylko O..... | 450 | Chuvashov D..... | 279 |
| Boklah I. | 630 | ..... | 451 | Chyhrin V..... | 174 |
| ..... | 641 | Butenko A..... | 352 | Chyhryn R..... | 112 |
| Bolohov A. | 428 | ..... | 355 | Chystov V. | 348 |
| Bolshakova I..... | 322 | Butenko S. | 541 | Chystychenko O..... | 305 |
| Bolybash O..... | 409 | Butko I. | 610 | Ćwiklak J..... | 811 |
| Bondarenko S. | 118 | Buts V..... | 123 | D | |
| ..... | 233 | Butvina V..... | 322 | Dadashov A..... | 375 |
| | | | | Danilishyn I..... | 740 |

| | | | | | |
|--------------------|-----|---------------------|-----|--------------------|-----|
| Danilishyn I..... | 742 | Dovhaliuk D..... | 222 | Fedorchak V..... | 324 |
| Danilyan O..... | 743 | Dovzhenko O..... | 117 | ..... | 325 |
| Danyiuk M..... | 679 | Drevenchuk R..... | 160 | Fedoriaka D..... | 221 |
| Dashpoladov E..... | 381 | ..... | 161 | Fedorov A..... | 276 |
| Datsenko A..... | 168 | Dribnytsya S..... | 411 | Fedorov O..... | 856 |
| Datsenko M..... | 647 | Drob N..... | 787 | Fedorovskyi O..... | 859 |
| Datskiv O..... | 187 | Drob Y..... | 383 | Fedyuk S..... | 70 |
| Dehtiarenko R..... | 184 | Drol O..... | 104 | ..... | 71 |
| ..... | 185 | ..... | 548 | ..... | 91 |
| Demchenko V..... | 516 | Drozd K..... | 346 | Filippenkov O..... | 423 |
| Demenko A..... | 748 | Drozдов S..... | 103 | Fisun M..... | 219 |
| Demenko M..... | 222 | Dubina Y..... | 532 | ..... | 220 |
| Dementiev I..... | 859 | ..... | 541 | Fisun V..... | 834 |
| Dementiuk H..... | 426 | Dubnyk A..... | 74 | Fokina A..... | 672 |
| Demianenko D..... | 230 | Dubnyuk A..... | 67 | Fomuk N..... | 121 |
| Demidov B..... | 12 | Dubovyk H..... | 64 | Furd A..... | 708 |
| ..... | 104 | Dudenko S..... | 42 | Fursenko O..... | 807 |
| ..... | 348 | Dudko M..... | 356 | ..... | 810 |
| ..... | 474 | Dudnyk M..... | 110 | Fustii V..... | 478 |
| Deniezhkin M..... | 27 | Dudush A..... | 225 | G | |
| Denisova S..... | 800 | ..... | 247 | Gariachiy M..... | 270 |
| Denysenko S..... | 286 | Dukh S..... | 181 | Garmash K..... | 286 |
| Denysenko O..... | 673 | Durov V..... | 853 | Gavriliuk Y..... | 444 |
| Denysiuk R..... | 238 | Durovych S..... | 458 | ..... | 448 |
| Derevianko A..... | 107 | Dvornichenko I..... | 267 | Georgiev Y..... | 146 |
| Derhousov M..... | 412 | Dzeban O..... | 743 | ..... | 147 |
| Diatlova I..... | 708 | Dzeverin I..... | 409 | Georgiev Y..... | 161 |
| Digtar M..... | 181 | ..... | 413 | ..... | 163 |
| Dihtiar M..... | 186 | Dzeverin T..... | 55 | ..... | 166 |
| Dmytriev A..... | 148 | ..... | 409 | ..... | 167 |
| Dmytriev O..... | 335 | ..... | 609 | ..... | 170 |
| Dodukh O..... | 278 | Dzhebzeniak P..... | 853 | ..... | 176 |
| Dolhyy Yu..... | 807 | Dzhus R..... | 111 | Godunov R..... | 854 |
| Dolinsky M..... | 446 | Dzhus V..... | 244 | ..... | 859 |
| ..... | 452 | ..... | 245 | Golota A..... | 748 |
| ..... | 453 | Dzihora O..... | 276 | ..... | 83 |
| Dolyna M..... | 227 | ..... | 571 | Golovan O..... | 83 |
| Dolynyuk D..... | 186 | Dziuba I..... | 320 | Golovash I..... | 780 |
| Dombrovskiy V..... | 846 | ..... | 351 | Goorin O..... | 259 |
| Donchak D..... | 299 | ..... | 519 | Gordienko R..... | 238 |
| Donchenko M..... | 258 | Dziuba O..... | 519 | ..... | 241 |
| Dondiuk V..... | 647 | E | | Gorobec A..... | 87 |
| ..... | 655 | Eidelshtein H..... | 158 | Goś A..... | 811 |
| Dontsov S..... | 212 | Eliseev E..... | 68 | Grib D..... | 104 |
| Doska O..... | 220 | ..... | 69 | ..... | 219 |
| ..... | 221 | Eremenko O..... | 158 | Gridina V..... | 216 |
| Doskach V..... | 48 | F | | Grizodub O..... | 848 |
| Dovbnia O..... | 44 | Fedorchak V..... | 90 | Grizodub P..... | 848 |
| | | Fedorchak V..... | 322 | Gromyko O..... | 81 |

| | | | | | |
|----------------------|-----|---------------------|-----|--------------------|-----|
| Grygorova I. | 780 | Hashimov E. | 717 | Hrytsiuk A. | 150 |
| Grytsyshyn V. | 77 | ..... | 751 | Hryzo A. | 268 |
| Gulenov I. | 402 | ..... | 752 | Hubarieva O. | 230 |
| Guliev R. | 288 | Hasparian A. | 473 | ..... | 249 |
| ..... | 289 | ..... | 472 | ..... | 747 |
| Gurin O. | 77 | Havrutenko O. | 606 | Hudachenko Y. | 233 |
| Gurin O. | 294 | Havrylov D. | 364 | ..... | 235 |
| Gurina D. | 577 | ..... | 442 | ..... | 237 |
| Guseva S. | 651 | Havrysh M. | 861 | Hudkov M. | 854 |
| Gutchenko A. | 16 | Hazarkhanov A. | 290 | Hula R. | 707 |
| H | | | | | |
| Habbasov Y. | 360 | Heorhiiev Y. | 162 | Hulak A. | 422 |
| Habosha S. | 634 | Herasimiuk V. | 583 | Hulak S. | 422 |
| Hadzymuradov B. | 224 | Hirnyi V. | 176 | Hura Y. | 269 |
| Haibadulov B. | 226 | Hladchuk V. | 820 | Hurieiev I. | 278 |
| ..... | 227 | Hladishchuk O. | 300 | Huriev D. | 10 |
| ..... | 240 | Hladkykh K. | 682 | Hurin A. | 259 |
| Hajiyeva E. | 377 | Hladyshev M. | 359 | Husak M. | 246 |
| ..... | 377 | ..... | 385 | Huseynov A. | 288 |
| Halepa O. | 187 | Hnatenko A. | 422 | ..... | 289 |
| Haliopa O. | 152 | Hnusenko O. | 184 | ..... | 291 |
| Halkin Yu. | 421 | Holovatiuk O. | 675 | ..... | 292 |
| Haluzynskyi M. | 405 | Holovko B. | 159 | ..... | 327 |
| Haluzynskyi A. | 403 | Holovko D. | 184 | ..... | 649 |
| Halytskyi O. | 217 | ..... | 185 | Hushchyn B. | 335 |
| ..... | 218 | Holovko Y. | 338 | Huzchenko S. | 14 |
| Hapon I. | 451 | Holsyshev M. | 163 | ..... | 545 |
| Hariachiy M. | 319 | ..... | 167 | ..... | 739 |
| Harkusha Y. | 231 | Holysheva N. | 163 | Hyshko H. | 548 |
| Harmash N. | 358 | ..... | 167 | I | |
| ..... | 368 | Homaniuk S. | 750 | Iasechko M. | 403 |
| Hasanov A. | 289 | Honcharenko I. | 361 | ..... | 405 |
| ..... | 559 | Honcharova O. | 808 | Ibrahimov R. | 754 |
| ..... | 752 | Horbenko V. | 176 | Ihnatovykh D. | 307 |
| Hashimov E. | 456 | Horbov I. | 805 | Ilchenko V. | 54 |
| ..... | 549 | Horokhov N. | 667 | Ilenko Y. | 110 |
| ..... | 550 | Hrechka O. | 231 | ..... | 111 |
| ..... | 551 | Hrechko D. | 247 | Imennynyk M. | 283 |
| ..... | 552 | Hrichaniuk O. | 475 | ..... | 285 |
| ..... | 553 | ..... | 479 | Indutnyi K. | 107 |
| ..... | 554 | Hridasov I. | 258 | Isachenko A. | 231 |
| ..... | 555 | ..... | 513 | Ishchuk V. | 63 |
| ..... | 557 | ..... | 515 | ..... | 69 |
| ..... | 558 | Hridin V. | 510 | ..... | 87 |
| ..... | 559 | ..... | 512 | Ismayilov N. | 456 |
| ..... | 649 | Hrinivetska O. | 543 | ..... | 687 |
| ..... | 687 | Hrynchuk T. | 184 | ..... | 688 |
| ..... | 714 | Hryshyna O. | 154 | Ivakhnenko T. | 12 |
| ..... | 715 | Hrytsenko P. | 66 | Ivanets H. | 403 |
| ..... | 716 | | | | |

| | | | | | |
|----------------------|-----|----------------------|-----|-----------------------|-----|
| Ivanets H. | 405 | Kalyta M. | 235 | Kashchenko E. | 323 |
| ..... | 407 | ..... | 236 | Kashchyshyn O. | 516 |
| ..... | 424 | ..... | 237 | Kashkanov A. | 441 |
| Ivanets M. | 424 | Kalyta O. | 233 | Kashko V. | 70 |
| Ivanov O. | 21 | ..... | 235 | ..... | 91 |
| ..... | 371 | Kamaltynov G. | 270 | ..... | 94 |
| ..... | 372 | ..... | 274 | Kasianov D. | 239 |
| ..... | 852 | ..... | 294 | Katkov V. | 570 |
| Ivanov V. | 678 | ..... | 299 | ..... | 575 |
| Ivanyuk V. | 188 | Kamchatny M. | 232 | Katunin A. | 334 |
| ..... | 268 | ..... | 223 | ..... | 336 |
| Ivashchenko M. | 840 | Kamyshinsky O. | 644 | Kavyuk V. | 441 |
| Ivashchenko S. | 853 | Kamyshynskiy O. | 827 | Kazimirov O. | 81 |
| Ivashyna O. | 837 | Kandyrin M. | 276 | Kazmirov I. | 146 |
| Ivik O S. | 103 | ..... | 571 | Keramova A. | 377 |
| J | | Kanishchev O. | 859 | Khablyuk B. | 655 |
| Jabrayilov A. | 714 | Kantsedal V. | 302 | Khabosha S. | 647 |
| ..... | 715 | Kapashyn M. | 475 | ..... | 651 |
| ..... | 716 | Kapitanova L. | 845 | Kharchenko I. | 48 |
| ..... | 751 | Kapranov V. | 53 | Khitalenko D. | 413 |
| ..... | 752 | Kapytsia V. | 105 | Khizhnyak I. | 258 |
| Jahangirov V. | 173 | ..... | 120 | ..... | 263 |
| ..... | 688 | Karashchuk N. | 59 | ..... | 513 |
| Jigiray V. | 441 | Karateev S. | 181 | ..... | 610 |
| K | | Karlenko O. | 382 | ..... | 611 |
| Kachan M. | 16 | Karlov D. | 306 | Khizhnyuk O. | 180 |
| Kachaylo R. | 534 | Karlov K. | 162 | ..... | 183 |
| ..... | 537 | ..... | 176 | ..... | 747 |
| Kachurovskiy H. | 477 | Karlov V. | 570 | Khlopiachyi V. | 152 |
| Kadnai M. | 658 | ..... | 573 | Khmel Y. | 181 |
| Kadubenko S. | 413 | Karmannyi Ye. | 11 | Khmelevska O. | 104 |
| Kadura P. | 305 | ..... | 539 | ..... | 348 |
| Kalachova V. | 11 | ..... | 607 | Khmelevskiy S. | 346 |
| ..... | 353 | Karpash O. | 666 | ..... | 348 |
| Kalan M. | 306 | ..... | 667 | ..... | 351 |
| Kaleniuk V. | 248 | ..... | 669 | Khrapchynskiy V. | 41 |
| Kalimulin T. | 258 | Karpenko B. | 856 | ..... | 346 |
| Kalinovskiy D. | 363 | ..... | 857 | Khrol L. | 424 |
| Kalkamanov S. | 63 | Karpenko O. | 577 | Khudaiev O. | 81 |
| ..... | 65 | ..... | 578 | Khudarkovsky K. | 514 |
| ..... | 89 | Kartovetskiy D. | 453 | ..... | 515 |
| Kalmutskiy S. | 169 | Karyagin Ye. | 614 | Khudaverdova A. | 742 |
| Kalnyi S. | 580 | Kasatkin M. | 84 | Khudov H. | 258 |
| ..... | 582 | ..... | 85 | ..... | 259 |
| Kalugin D. | 227 | Kashayev I. | 444 | ..... | 262 |
| Kalyna A. | 262 | Kashayev I. | 446 | ..... | 280 |
| Kalynovskiy Yu. | 737 | ..... | 447 | ..... | 513 |
| Kalyta M. | 233 | ..... | 448 | ..... | 608 |

| | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Khudov H. 610 | Kobzev V 219 | Kononova O. 275 |
| 611 | 220 | Konov D. 317 |
| Khvalko M. 264 | 477 | Konoval M. 320 |
| Khyzhniak A. 170 | Kochuk S. 154 | Konstantinov A. 102 |
| Kihtenko M. 272 | Kodastkyi P. 362 | Koplik O. 14 |
| Kiiko A. 577 | Kokodii M. 577 | Kopylov O. 573 |
| 578 | Kolesnik O. 260 | 580 |
| Kinash D. 843 | Kolesnik V. 175 | 581 |
| Kireyenko V. 293 | Kolesnik Y. 103 | Korepanov V. 159 |
| Kirpenko V. 740 | 80 | Korzhov A. 574 |
| 742 | Kolesnik O. 270 | Kornev M. 233 |
| Kishiyev H. 330 | 294 | 235 |
| Kisil O. 234 | Kolesnyk O. 150 | Korniienko L. 575 |
| Kislenko M. 324 | Kolmohorov O. 548 | Korniienko A. 153 |
| Kitov V. 411 | 748 | Korobetskyi O. 72 |
| 422 | Kolmykov M. 75 | 94 |
| Kizub V. 244 | Kolodiazhnyi O. 70 | Korobko A. 464 |
| Klaban I. 367 | 71 | Korobko S. 655 |
| Klassen O. 238 | Kolodka I. 287 | Korobkov Y. 232 |
| Klestov K. 276 | Kolomiec V. 854 | Korol R. 518 |
| Klimchenko V. 267 | Kolomiets O. 234 | Korolyuk N. 352 |
| 270 | Kolomiitsev O. 46 | 355 |
| 275 | 164 | 356 |
| 277 | 165 | Korostylov H. 448 |
| 294 | 334 | 449 |
| 299 | 336 | Korotkov M. 383 |
| Klimets O. 262 | 414 | Korsunov S. 417 |
| Klimishen O. 151 | 422 | Koryagin A. 845 |
| Klimochkina A. 366 | 424 | Kostandi V. 833 |
| Klimova S. 669 | 480 | Kostenko I. 72 |
| Kliushnikov I. 84 | Kolomiitsev O. 534 | 312 |
| 85 | 545 | Kostenko P. 307 |
| Klivets S. 413 | 546 | 348 |
| 414 | 547 | 534 |
| Klymenko A. 228 | Kolomiitsev V. 165 | 537 |
| Klymenko M. 637 | Kolotukhin D. 122 | Kostianets O. 262 |
| 651 | Komar S. 102 | 265 |
| Klymenko V. 450 | 106 | Kostiuk L. 781 |
| Knysch D. 532 | 107 | Kostromin V. 273 |
| 533 | Komarov E. 313 | Kostyria O. 261 |
| 537 | Komarov V. 46 | Kotsiuba V. 14 |
| 541 | 164 | 310 |
| 542 | Kombarov S. 480 | 312 |
| Kobzev A. 511 | Komin D. 316 | 316 |
| 512 | Kompaniets O. 70 | Koval A. 797 |
| 513 | Kondra O. 781 | Koval I. 227 |
| Kobzev V. 212 | Kondratiuk K. 484 | 229 |
| 214 | Kononova N. 841 | Koval O. 306 |

| | | | | | |
|---------------------|-----|------------------------|-----|----------------------|-----|
| Koval O. | 671 | Kramar O. | 322 | Kucherenko | 53 |
| ..... | 672 | ..... | 323 | Kucheriaviy O. | 66 |
| ..... | 673 | ..... | 324 | Kudriashov H. | 740 |
| ..... | 677 | ..... | 325 | Kudriashov V. | 422 |
| ..... | 684 | Krasnokutskiy V. | 446 | ..... | 424 |
| Koval V. | 237 | Krasnonosova O. | 841 | Kudriavtseva N. | 712 |
| Kovalchuk A. | 269 | Krasnoporov P. | 837 | Kudryashov V. | 454 |
| ..... | 570 | Krasnorutskiy A. | 149 | Kudryashova V. | 148 |
| ..... | 572 | Krasnorutskiy A. | 77 | Kudryavtsev A. | 629 |
| ..... | 579 | Krasnorutskiy A. | 152 | ..... | 633 |
| ..... | 580 | ..... | 155 | Kudrynskiy O. | 42 |
| Kovalchuk I. | 829 | Krasnoshapka I. | 273 | Kuibyda Y. | 283 |
| Kovalchuk O. | 316 | Krasnozhon D. | 576 | Kukhareno V. | 187 |
| Kovalenko M. | 12 | Kravchenko O. | 708 | Kukobko S. | 244 |
| ..... | 373 | Kravchuk O. | 443 | Kulabuhov O. | 352 |
| Kovalenko O. | 91 | ..... | 444 | Kulabukhov O. | 373 |
| ..... | 94 | ..... | 445 | Kulahin K. | 13 |
| Kovalenko O. | 768 | Kravchuk O. | 447 | ..... | 230 |
| Kovalenko S. | 408 | Kravets V. | 441 | ..... | 442 |
| Kovalenko I. | 671 | Kravtsov O. | 419 | Kulieshov O. | 413 |
| Kovalevskiy S. | 261 | Krepko A. | 367 | ..... | 414 |
| ..... | 264 | ..... | 370 | Kulieshova T. | 47 |
| Kovinskyi V. | 365 | Krepko Y. | 80 | ..... | 413 |
| Kovtonyk I. | 103 | ..... | 187 | ..... | 414 |
| Kovtun A. | 416 | Krepko Ye. | 114 | Kulikova G. | 711 |
| Kovtunov A. | 212 | Kriachko M. | 239 | Kulish N. | 320 |
| ..... | 214 | Kriuchkov D. | 240 | Kulyas S. | 440 |
| ..... | 219 | Krivoshlyk V. | 234 | Kulyk O. | 312 |
| ..... | 220 | Krivtsov D. | 858 | ..... | 313 |
| ..... | 477 | Krotiuk V. | 737 | Kupriienko T. | 147 |
| Kozak V. | 65 | Kruk B. | 829 | ..... | 161 |
| ..... | 86 | Kruts O. | 113 | Kuravska N. | 630 |
| ..... | 87 | ..... | 114 | ..... | 634 |
| ..... | 89 | Krygin O. | 415 | ..... | 639 |
| ..... | 92 | ..... | 417 | ..... | 647 |
| Kozhushko A. | 284 | Krykhtin Yu. | 668 | ..... | 657 |
| Kozhushko M. | 748 | ..... | 669 | Kuravsky M. | 633 |
| Koziel V. | 665 | Kryshatafovych I. | 845 | ..... | 645 |
| Kozlov D. | 19 | Kryva T. | 183 | Kurenko O. | 157 |
| Kozlova A. | 185 | Kryvchun V. | 222 | Kurianinov I. | 370 |
| Kozyr A. | 170 | Kryvonos V. | 156 | Kurman O. | 152 |
| Kozyrev R. | 854 | ..... | 158 | ..... | 155 |
| ..... | 859 | ..... | 187 | Kuruchenko B. | 108 |
| Kraichyk L. | 478 | Kryvonosiuk N. | 281 | Kurylko A. | 417 |
| ..... | 517 | Kubrak V. | 318 | ..... | 420 |
| ..... | 518 | Kucherenko Yu. | 43 | Kushch P. | 231 |
| Kramar O. | 307 | ..... | 44 | ..... | 632 |
| ..... | 320 | ..... | 47 | Kushneruk Y. | 821 |

| | | | | | |
|----------------------|-----|--------------------|-----|---------------------|-----|
| Kushneruk Y..... | 823 | Lavrov A..... | 53 | Litvynuk V..... | 294 |
| ..... | 825 | Lavrov O..... | 47 | Liubchenko O..... | 46 |
| ..... | 826 | ..... | 49 | Liublik O..... | 282 |
| Kushnir V..... | 328 | ..... | 51 | Liutov V..... | 358 |
| Kushpeta R..... | 548 | Lekakh A..... | 440 | ..... | 370 |
| ..... | 748 | ..... | 441 | Logachov S..... | 519 |
| Kushyna Y..... | 351 | Lemesheva N..... | 808 | Lopatin A..... | 309 |
| Kuts V..... | 270 | Lenets V..... | 88 | Lotoshnikova S..... | 801 |
| Kuzhel I..... | 511 | ..... | 358 | Lova O..... | 187 |
| Kuziv O..... | 119 | Leonenko O..... | 443 | Lubyanov K..... | 644 |
| Kuzmenko L..... | 233 | ..... | 444 | Luchen O..... | 309 |
| Kuzmin K..... | 273 | ..... | 445 | Lukashuk O..... | 580 |
| Kuznecov V..... | 246 | Leonov I..... | 262 | Lukianchuk V..... | 212 |
| Kuznetsov V..... | 484 | ..... | 570 | ..... | 213 |
| Kuznietsov O..... | 573 | ..... | 572 | ..... | 214 |
| Kvitkin K..... | 13 | ..... | 574 | ..... | 215 |
| ..... | 246 | Leontiev O..... | 66 | ..... | 217 |
| ..... | 547 | ..... | 102 | Lukianchykov A..... | 268 |
| Kvitkin P..... | 706 | ..... | 148 | Lukianenko S..... | 858 |
| Kyianytsia V..... | 408 | Leshchenko R..... | 855 | Lukianenko V..... | 706 |
| Kyravskiy M..... | 510 | ..... | 857 | ..... | 737 |
| Kyrychenko D..... | 316 | Leshchenko S..... | 42 | Lukianiuk R..... | 364 |
| Kyrychenko M..... | 405 | ..... | 46 | Lukianov S..... | 19 |
| ..... | 407 | ..... | 347 | ..... | 545 |
| Kyrylenko S..... | 102 | Leshenko S..... | 260 | Lukyanenko V..... | 739 |
| Kyryluk R..... | 91 | Letucha M..... | 651 | Lupandin V..... | 539 |
| Kyslyi V..... | 746 | Letuchy B..... | 634 | Lutsenko A..... | 234 |
| L | | | | | |
| Laban O..... | 52 | Leushin S..... | 570 | Lutsenko E..... | 449 |
| Lahutin G..... | 628 | Leushyn S..... | 574 | Lyashchenko R..... | 543 |
| ..... | 629 | Levahn H..... | 419 | Lykholdiev O..... | 830 |
| ..... | 630 | Leshchenko A..... | 221 | ..... | 838 |
| ..... | 632 | Levytskyi V..... | 680 | Lyman K..... | 180 |
| ..... | 636 | Lezik O..... | 406 | Lysechko V..... | 41 |
| ..... | 652 | Liashchenko R..... | 153 | ..... | 48 |
| Lalayev S..... | 456 | Liashenko O..... | 261 | ..... | 313 |
| Landar B..... | 428 | Liashenko V..... | 88 | ..... | 332 |
| Landishevskiy V..... | 858 | Liasota P..... | 86 | ..... | 333 |
| Lapii S..... | 227 | Liebiediev M..... | 612 | ..... | 335 |
| Lapta S..... | 839 | Liebiediev V..... | 317 | Lysenko Y..... | 361 |
| Laptiev I..... | 20 | Lieboshyna N..... | 782 | ..... | 384 |
| Larin V..... | 612 | Lihoy O..... | 75 | Lytovchenko D..... | 416 |
| Latonova A..... | 235 | Lisevych S..... | 846 | Lytovchenko V..... | 547 |
| Lavrenchuk D..... | 125 | Lishchenko V..... | 279 | Lytvyn A..... | 311 |
| Lavrenko V..... | 115 | ..... | 281 | ..... | 326 |
| Lavrov A..... | 47 | Lisohorskyi B..... | 259 | Lytvynchuk D..... | 329 |
| ..... | 49 | ..... | 278 | Lytvynenko D..... | 83 |
| ..... | 51 | Litvinenko Y..... | 414 | Lytvynenko M..... | 358 |
| ..... | 51 | Litvyak A..... | 100 | ..... | 361 |
| ..... | 51 | ..... | 100 | Lytvynova D..... | 676 |

| M | | | | | |
|---------------------|-----|------------------------|-----|---------------------|-----|
| Maharramov R..... | 378 | Martynenko A..... | 154 | Miroshnichenko Y... | 123 |
| Makarets V. | 425 | Martynenko P..... | 188 | Misailova K..... | 799 |
| Makoveichuk O. | 610 | Martynenko S..... | 81 | Misiuk H. | 213 |
| Makovetskyi V. | 452 | ..... | 83 | Misiura O. | 219 |
| Maksimovich O. | 89 | Martynenko V..... | 458 | ..... | 353 |
| Maksiuta D. | 540 | Martynenko A..... | 151 | ..... | 533 |
| ..... | 542 | Martyniuk V..... | 861 | Mistiukovych A..... | 853 |
| ..... | 544 | Matukhno A..... | 839 | Mitin R. | 361 |
| Maksymkin Ye. | 165 | Matvieiev E..... | 178 | Mohilatenko A. | 706 |
| Maksymov M. | 73 | Matvieieva V. | 149 | ..... | 735 |
| ..... | 480 | ..... | 162 | Mokriak A. | 236 |
| Malankevych I..... | 315 | Matyukh Y..... | 326 | ..... | 237 |
| ..... | 320 | ..... | 328 | Molchanov D..... | 234 |
| ..... | 321 | Mazhara I..... | 73 | ..... | 248 |
| Maliar I..... | 249 | ..... | 67 | ..... | 249 |
| Maliarenko O..... | 266 | ..... | 73 | Momit O..... | 248 |
| ..... | 267 | ..... | 74 | Momont V..... | 82 |
| ..... | 267 | ..... | 78 | Momot M. | 823 |
| Malieiev O..... | 740 | Mazurok D..... | 174 | Momot P..... | 831 |
| Malik O. | 170 | Mazuryk N..... | 450 | Morhun E. | 241 |
| Maliuha V..... | 216 | ..... | 451 | ..... | 243 |
| Malko P..... | 383 | Medinets I..... | 745 | Moroz V..... | 351 |
| Malynovich O..... | 826 | Medvid I. | 408 | ..... | 836 |
| Malyshev O. | 28 | ..... | 411 | Morozov A..... | 34 |
| Malyshev O. | 269 | Mehelbei H. | 274 | Mosharenkov V..... | 670 |
| ..... | 275 | Mehelbei V. | 402 | ..... | 671 |
| ..... | 277 | Melenti D..... | 211 | ..... | 673 |
| Malyshok K. | 184 | ..... | 214 | ..... | 689 |
| Mammadov E. | 549 | Melnik S. | 262 | Mosharenkova T..... | 673 |
| ..... | 551 | Melnikov I. | 325 | ..... | 744 |
| ..... | 554 | Melnyk M. | 185 | Moskalets A. | 628 |
| ..... | 555 | Melnyk S..... | 278 | ..... | 646 |
| ..... | 558 | Melnyk V..... | 116 | ..... | 652 |
| Mammadov Z. | 753 | ..... | 160 | Mostovyi A. | 118 |
| Mammadova Kh..... | 329 | Melnyk O..... | 105 | Motuzov O. | 82 |
| Mammadzada S. | 377 | Mershuk P..... | 179 | Movchan P. | 454 |
| Manafov A..... | 331 | ..... | 180 | ..... | 455 |
| ..... | 647 | Miakota V. | 177 | Movenko S. | 577 |
| ..... | 648 | Mikhailovsky R. | 712 | Mudov S.U..... | 290 |
| ..... | 650 | Mikhalaki V..... | 53 | Mudryk V..... | 54 |
| Manoilo S. | 518 | Mikhalova L..... | 441 | Muftiyev Z. | 242 |
| Marchenko B. | 236 | Mikhasov S. | 346 | Mukhina T..... | 576 |
| Marchenko D..... | 179 | Mikhnenko A. | 642 | Muradova E..... | 717 |
| ..... | 180 | Mikhnenko Yu..... | 645 | Murzin M. | 511 |
| Marchuk I. | 824 | Miltsyn I. | 84 | ..... | 512 |
| Marenych S..... | 515 | Miroshnichenko O. | 73 | ..... | 513 |
| Markov O. | 532 | ..... | 84 | Musairova Yu..... | 629 |
| ..... | 533 | Miroshnichenko P..... | 14 | ..... | 632 |

| | | | | | |
|------------------------|-----|-----------------------|-----|---------------------|-----|
| Musairova Yu. | 634 | Nemynushchyy S. | 77 | O | |
| ..... | 636 | Nepokrytov D. | 305 | Oboronov M. | 417 |
| ..... | 637 | Nesmiian O. | 358 | Obrezkov S. | 216 |
| ..... | 641 | ..... | 360 | Ocheredko V. | 262 |
| ..... | 642 | Nesterova D. | 163 | Ochkurenko O. | 271 |
| Musayev A. | 17 | ..... | 167 | ..... | 272 |
| Musienko O. | 440 | Netrenko K. | 349 | Odosii O. | 94 |
| ..... | 442 | Neveskyi A. | 854 | Oleksenko O. | 72 |
| Mykhailichenko D. | 92 | Nevmerzhitsky I. | 271 | ..... | 293 |
| ..... | 95 | Nevzorov R. | 69 | ..... | 567 |
| Mykytyn Y. | 86 | Nezhyvyi Y. | 168 | ..... | 570 |
| Myronenko K. | 117 | Nikiforov I. | 709 | ..... | 608 |
| ..... | 124 | Nikolaev I. | 212 | Oleksiyeva L. | 110 |
| Myroniuk Y. | 163 | ..... | 213 | ..... | 111 |
| ..... | 167 | ..... | 217 | Oleshchuk I. | 384 |
| Myroshnichenko E. | 783 | Nikolaev R. | 92 | Olieinykov A. | 91 |
| Mytsak O. | 450 | Nikolaiev D. | 233 | Oliinyk I. | 65 |
| ..... | 451 | ..... | 235 | ..... | 88 |
| N |  | ..... | 236 | ..... | 91 |
| Nadolishna S. | 161 | ..... | 237 | Oliinyk O. | 85 |
| Nadozhyn V. | 406 | Nikora I. | 369 | Oliinyk R. | 422 |
| Naduvanyj R. | 542 | ..... | 370 | Oliinyk I. | 89 |
| ..... | 544 | Nitsenko V. | 355 | Oliynik Y. | 263 |
| Naida T. | 150 | ..... | 447 | Oliynik I. | 63 |
| Najafov Z. | 19 | Nos A. | 578 | Oliynik E. | 636 |
| Nakonechnyi O. | 403 | Nos I. | 223 | Oliynik Y. | 261 |
| ..... | 405 | ..... | 230 | Oliynik Yu. | 15 |
| ..... | 408 | Nos O. | 385 | Olkhovikov D. | 684 |
| ..... | 411 | Nosko S. | 57 | Olkhovikova A. | 684 |
| Nakornieva A. | 712 | Noskov O. | 361 | Olkhovyk V. | 640 |
| Nasirov E. | 289 | ..... | 384 | Onishchenko V. | 107 |
| ..... | 291 | Nosyk A. | 44 | ..... | 108 |
| ..... | 330 | ..... | 47 | Onypchenko P. | 81 |
| ..... | 688 | Novak V. | 384 | Onyschenko R. | 94 |
| Natarova A. | 577 | Novichenko S. | 222 | Onyshchenko M. | 179 |
| Nazarov V. | 423 | ..... | 224 | Onyshchenko V. | 108 |
| Nechaus A. | 658 | Novichenko V. | 55 | Oparin D. | 224 |
| Nechytailo S. | 244 | ..... | 224 | Oriekhov S. | 404 |
| Nechytailo I. | 244 | Novichkov V. | 371 | Orlenko V. | 825 |
| Nedashkovskyy A. | 638 | ..... | 373 | Orlov M. | 321 |
| ..... | 685 | ..... | 374 | Orlov S. | 484 |
| Neimyrook O. | 750 | Novichonok S. | 443 | Orlovskyy M. | 833 |
| Nekova P. | 309 | ..... | 444 | Osadchuk Y. | 370 |
| Nelin D. | 540 | ..... | 445 | Oshomok N. | 229 |
| ..... | 542 | ..... | 446 | Osiievskyy S. | 357 |
| ..... | 544 | Novichonok S. | 447 | ..... | 358 |
| Nemshilov Y. | 828 | Nozhenko V. | 283 | ..... | 360 |
| Nemshylov Y. | 826 | ..... | 285 | ..... | 384 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| Osovytskyi M. | 92 | Pavluk E. | 834 | Pohodina M. | 646 |
| ..... | 95 | Pedko A. | 75 | ..... | 651 |
| Ostafiichuk T. | 671 | Penkovsky O. | 329 | ..... | 655 |
| ..... | 708 | Perederii I. | 707 | ..... | 658 |
| Osypets B. | 86 | Perepelytsia O. | 52 | ..... | 783 |
| Otrashkevskiy V. | 449 | ..... | 53 | Polishchuk T. | 227 |
| Otreshko N. | 105 | Perets K. | 333 | Politov I. | 854 |
| ..... | 106 | Pershin O. | 367 | ..... | 859 |
| ..... | 109 | Pershyn O. | 354 | Polosin O. | 583 |
| Ovcharenko O. | 236 | ..... | 369 | Polshyna L. | 50 |
| Ovcharenko Y. | 112 | Pershyna E. | 41 | Pomazuiev V. | 84 |
| P |  | ..... | 44 | Pomerantsev A. | 855 |
| Pakhomova A. | 352 | Petrachkov M. | 385 | ..... | 857 |
| Palahuta V. | 211 | Petrenko O. | 221 | Pomogaibo V. | 21 |
| Panchenko A. | 637 | ..... | 224 | Pomohaiev I. | 248 |
| ..... | 638 | ..... | 315 | ..... | 249 |
| ..... | 639 | Petrov I. | 584 | Ponomar A. | 583 |
| ..... | 641 | Petrov O. | 359 | Ponomarenko A. | 856 |
| ..... | 642 | Petrov V. | 72 | Ponomarov A. | 215 |
| ..... | 645 | ..... | 77 | Popadyuk R. | 428 |
| ..... | 651 | Petrova L. | 710 | Poplavets S. | 543 |
| ..... | 658 | Petrova N. | 788 | ..... | 545 |
| Panchenko S. | 40 | Pichuhin I. | 449 | Popov V. | 148 |
| Panchuk A. | 852 | Piddubko A. | 245 | Popov M. | 538 |
| Pankul O. | 119 | Pidlisnyi O. | 95 | ..... | 542 |
| Parashchenko T. | 175 | ..... | 359 | ..... | 545 |
| Parfenov A. | 239 | Piechkin A. | 224 | ..... | 546 |
| Parkhomenko D. | 357 | ..... | 219 | Popov O. | 742 |
| ..... | 362 | Pikalov D. | 159 | Popova N. | 316 |
| Parkhomenko M. | 364 | Piriyeu H. | 331 | ..... | 540 |
| ..... | 366 | ..... | 380 | ..... | 546 |
| Pashaev A. | 172 | ..... | 381 | Porokhonchuk O. | 538 |
| Pashayev A. | 378 | Pirozhenko M. | 282 | ..... | 537 |
| Pasichnyk V. | 749 | Piskunov N. | 415 | ..... | 539 |
| Pastushenko O. | 126 | ..... | 418 | ..... | 540 |
| Pastushenko V. | 335 | ..... | 419 | ..... | 542 |
| Patiukov O. | 263 | Piskunov O. | 429 | Potseluiev O. | 711 |
| Patyukov O. | 28 | Piskunov S. | 419 | Pozdniak V. | 319 |
| ..... | 262 | Piven D. | 170 | ..... | 313 |
| Pavlichenko O. | 312 | Plaksiuk A. | 657 | Pozdnyak V. | 318 |
| ..... | 325 | ..... | 658 | ..... | 325 |
| Pavlichenko S. | 177 | Plaksyi O. | 746 | Prisiazhny V. | 583 |
| Pavlii L. | 48 | Pleshkunov S. | 112 | Prodeus K. | 82 |
| ..... | 56 | Poberezhnyi L. | 15 | Prokhorenko S. | 419 |
| ..... | 164 | ..... | 293 | Prokofiev V. | 15 |
| Pavlii V. | 164 | Pochuieva V. | 786 | Prokopenko L. | 260 |
| ..... | 353 | Podolian D. | 638 | ..... | 272 |
| Pavlov D. | 265 | Podolyan V. | 633 | Prosianyk V. | 11 |
| | | Pohodina M. | 629 | | |

| | | | | | |
|------------------------|-----|----------------------|-----|--------------------|-----|
| Protsenko O. | 861 | Revin O. | 515 | Rybachuk O. | 606 |
| Prudenko T. | 287 | Revko B. | 177 | Rybalka G. | 274 |
| Prymachenko K. | 455 | Reznichenko O. | 211 | ..... | 474 |
| Pryimak A. | 820 | ..... | 226 | ..... | 476 |
| ..... | 831 | Reznichenko V. | 318 | Rybalka V. | 678 |
| Pryimak M. | 820 | Reznikov S. | 111 | Rybalko D. | 428 |
| Prykhodko D. | 746 | Riabkov V. | 310 | Rybkin O. | 543 |
| Prymak R. | 260 | ..... | 845 | Rykun V. | 643 |
| Prysiazhnyi A. | 583 | Рябоба D. | 231 | ..... | 644 |
| Prysyazhnyuk V. | 532 | Riazantsev S. | 417 | ..... | 645 |
| ..... | 545 | ..... | 420 | ..... | 827 |
| Pshenychnykov D. | 75 | ..... | 425 | ..... | 828 |
| Pugach V. | 548 | Riznichenko E. | 221 | S | |
| ..... | 748 | Rodiuk E. | 169 | Sabziev E. | 172 |
| Pustovarov V. | 165 | Rodiukov A. | 449 | ..... | 378 |
| Pustovit N. | 779 | Rohozhynskiy O. | 91 | Sachko Kh. | 122 |
| Puzhai-Chereda A. | 385 | Rohozin I. | 447 | Sadlyak O. | 269 |
| Puzhai-Chereda S. | 72 | Rohulia O. | 216 | Sadova Yu. | 657 |
| Pyl K. | 747 | Romanenko I. | 27 | Sadovnykov B. | 332 |
| Pylypovych O. | 286 | Romanenko I. | 34 | Sadovyi K. | 273 |
| Pyvo M. | 278 | Romanenko I. | 283 | Safarova G. | 518 |
| Pyvovar O. | 402 | ..... | 285 | Safonova A. | 683 |
| R | | | | | |
| Radziievskiy V. | 364 | Romaniuk M. | 223 | Sal'nik O. | 632 |
| Rafalskyi I. | 275 | Romaniuk O. | 412 | ..... | 636 |
| Rafalskyi Y. | 265 | ..... | 429 | ..... | 646 |
| Raikov R. | 287 | Romaniuk A. | 40 | ..... | 655 |
| ..... | 287 | Romaniuk M. | 231 | Sal'nyk O. | 642 |
| Raksha V. | 547 | Romanyuk A. | 355 | Salna N. | 15 |
| Rakytianskyi S. | 746 | Romashov R. | 160 | ..... | 293 |
| Ralko V. | 81 | Roshchupkin E. | 234 | Salnyk O. | 79 |
| Ramshov D. | 222 | ..... | 236 | Salo V. | 629 |
| Ratnakar I. | 840 | ..... | 240 | Samokish A. | 366 |
| Ratskevich S. | 385 | Rozputanyi O. | 109 | ..... | 367 |
| Ratysh O. | 315 | Rublev V. | 105 | Samsonov V. | 50 |
| ..... | 320 | ..... | 109 | Samus A. | 149 |
| ..... | 322 | Rubleva R. | 105 | Sandulenko S. | 385 |
| ..... | 323 | Rublova R. | 711 | Sapelnykov O. | 77 |
| Rebrii I. | 777 | Ruchka O. | 645 | Sapoga M. | 16 |
| Rekunen D. | 610 | ..... | 826 | ..... | 18 |
| Reshetnik V. | 429 | Rud B. | 352 | Sapov O. | 852 |
| Reshetnikova V. | 349 | ..... | 355 | Savchenko O. | 777 |
| Retenko Y. | 155 | ..... | 356 | Savchuk O. | 749 |
| Reuta A. | 839 | Rudakov I. | 165 | Savchuk S. | 811 |
| ..... | 842 | Rudenko V. | 373 | Savchuk Ya. | 810 |
| ..... | 843 | Rudevsky M. | 828 | Saveliev A. | 216 |
| ..... | 844 | Rudnytskyi V. | 612 | ..... | 222 |
| Revenko V. | 59 | Ryabokon Ye. | 409 | Saveliev I. | 166 |
|  |  | ..... | 230 | Savytska A. | 797 |

| | | | | | |
|----------------------|-----|---------------------|-----|----------------------|-----|
| Savytska V..... | 804 | Shevchenko S..... | 126 | Shymuk D. | 640 |
| Sazanova L. | 789 | Shevchenko Y..... | 42 | ..... | 831 |
| Seleznev S. | 41 | ..... | 79 | ..... | 834 |
| ..... | 825 | ..... | 347 | Shyshyn K. | 281 |
| Seleznov S. | 229 | Sheviakov Y..... | 820 | Shyt O. | 606 |
| Semenov A. | 112 | ..... | 821 | ..... | 614 |
| Semenov I. | 464 | ..... | 823 | Siadrystyi S. | 276 |
| Semenyik A. | 179 | Shevtsov Yu..... | 371 | Sidchenko S..... | 42 |
| Semenyuk A. | 450 | ..... | 372 | ..... | 46 |
| Semenyuk V. | 738 | ..... | 852 | ..... | 50 |
| Semerenko Y. | 836 | Sheyanov V..... | 359 | ..... | 347 |
| ..... | 840 | Sheyhas O. | 64 | ..... | 515 |
| ..... | 844 | ..... | 68 | ..... | 539 |
| Semerenko Yu..... | 829 | ..... | 69 | Sidorov V. | 275 |
| Semko I. | 452 | Shkabura A. | 152 | ..... | 422 |
| Semko M. | 185 | Shkyria N..... | 276 | Sievierinov O. | 844 |
| Serbinenko M. | 402 | Shmyhlenko O. | 81 | Sigaylo G. | 822 |
| Serdyuk O. | 283 | ..... | 188 | Sigaylo I. | 830 |
| ..... | 284 | ..... | 334 | Sikorskyi A. | 146 |
| Serediuk A. | 84 | ..... | 547 | Simonov S..... | 44 |
| Serhieiev M. | 427 | Sholomko O. | 683 | Sinchuk A..... | 79 |
| Servetnyk M. | 402 | Shoris D. | 161 | Sinenko D..... | 65 |
| Serzhant V. | 711 | Shubina G. | 313 | ..... | 83 |
| Shamko V..... | 9 | Shulezhko A..... | 536 | Singaevskyi Yu. | 92 |
| Shapovalov O. | 225 | Shulezhko V..... | 236 | Sira K. | 680 |
| ..... | 228 | ..... | 245 | Sitalo I..... | 178 |
| ..... | 229 | Shulha A. | 788 | Sitkov O. | 67 |
| Sharai O..... | 307 | Shulha O. | 67 | ..... | 73 |
| Sharapa I..... | 739 | ..... | 74 | ..... | 79 |
| ..... | 745 | ..... | 79 | Sizon D..... | 12 |
| Shcherbak V. | 737 | ..... | 86 | ..... | 15 |
| ..... | 750 | Shulha R. | 116 | ..... | 45 |
| Shcherbak O. | 313 | Shulha V. | 368 | Sjadristyj S. | 635 |
| Shcherbakova P. | 374 | ..... | 369 | Skarazhonak M. | 176 |
| Shcherban A. | 323 | Shulmeister K. | 322 | Skira M..... | 89 |
| Shcherbinin S. | 314 | ..... | 324 | Skliar I..... | 186 |
| Shchukin D. | 450 | ..... | 325 | Skliarov I..... | 244 |
| Sheludko M. | 124 | Shutenko I..... | 785 | Sklyarova V..... | 646 |
| Shelyakin O. | 146 | Shutko K. | 299 | Skoboviat Yu..... | 858 |
| ..... | 147 | Shutov R. | 651 | Skorbach Y..... | 676 |
| Shelydko M. | 117 | Shutska L. | 833 | Skorenkiy P..... | 100 |
| Sheremet M. | 148 | Shvetsov A..... | 632 | Skoryi Y..... | 153 |
| Shershun N. | 310 | Shvydkiy A. | 240 | Skrypach S. | 453 |
| Shetelya Y. | 403 | Shyhimaha N. | 353 | Slobodyanuk V..... | 48 |
| Shevchenko A..... | 402 | ..... | 513 | ..... | 348 |
| ..... | 423 | ..... | 608 | ..... | 534 |
| Shevchenko O..... | 41 | Shylo S..... | 352 | Slobodyanyuk V..... | 318 |
| Shevchenko S. | 114 | ..... | 354 | Sluzhenko V..... | 20 |

| | | | | | |
|---------------------|-----|-----------------------|-----|----------------------|-----|
| Slyusak V. | 246 | Stanenko V. | 239 | Sydorenko R. | 538 |
| Smazhenko M. | 651 | Startsev S. | 634 | Sydorenko Z. | 339 |
| Smelyakov S. | 363 | Stasiev Y. | 349 | Sydorov V. | 407 |
| Smetana Ye. | 266 | ..... | 350 | Sydoryshyn A. | 243 |
| ..... | 267 | ..... | 351 | Sydoryshyna V. | 220 |
| Smyk R. | 188 | ..... | 440 | Sypalov V. | 454 |
| Smyk S. | 77 | ..... | 441 | Syvlovovskiy I. | 333 |
| Snisarenko A. | 537 | Stavytskyi O. | 403 | T | |
| ..... | 472 | ..... | 407 | Tabunenko V. | 632 |
| ..... | 474 | Steblyuk I. | 169 | ..... | 634 |
| ..... | 476 | Stepanko O. | 64 | Tagiyev F. | 456 |
| ..... | 479 | ..... | 68 | Tahyan K. | 267 |
| ..... | 540 | ..... | 69 | ..... | 270 |
| Snitsarenko O. | 478 | Stepanov E. | 856 | ..... | 274 |
| ..... | 517 | Stepchenko B. | 287 | ..... | 280 |
| Snitsarenko V. | 79 | Stovba R. | 260 | Talibov A. | 172 |
| Snovydyvych R. | 225 | Stoyanovsky D. | 444 | ..... | 550 |
| Snizhko D. | 116 | ..... | 446 | ..... | 552 |
| ..... | 122 | Strigun V. | 249 | ..... | 553 |
| Sobolieva S. | 739 | Strubchevskiy V. | 148 | ..... | 557 |
| Sokol O. | 443 | Strutsinsky O. | 579 | Tambovtsev A. | 186 |
| ..... | 445 | Stryzhak V. | 18 | Taran I. | 474 |
| ..... | 446 | Sukhanov I. | 843 | ..... | 606 |
| Sokolov G. | 217 | Sukhanov M. | 841 | Taranenko Yu. | 777 |
| Sokolova D. | 148 | ..... | 843 | Tarshyn V. | 346 |
| Soldatov R. | 630 | Sukhanov Y. | 160 | ..... | 510 |
| Solnyshkova S. | 582 | Sukhoteplyi S. | 674 | ..... | 571 |
| Solomakhа O. | 67 | Sukhoteplyi V. | 339 | Teliatnyk B. | 67 |
| ..... | 78 | Suleymanov I. | 291 | ..... | 74 |
| ..... | 79 | Suleymanov J. | 456 | ..... | 79 |
| Solomonenko Y. | 264 | ..... | 687 | Teliltnyk B. | 67 |
| ..... | 611 | Suleymanov S. | 126 | Teliukov S. | 14 |
| Solonets O. | 609 | ..... | 171 | ..... | 739 |
| ..... | 612 | ..... | 379 | Telyatnik B. | 78 |
| Soloviova O. | 832 | Surhai M. | 244 | Terebukha I. | 214 |
| Solovyova L. | 269 | Sushchuk K. | 239 | Terekh I. | 681 |
| Sorochkin M. | 178 | Sushko A. | 66 | Terentieva I. | 444 |
| Sorochkin O. | 179 | ..... | 83 | ..... | 447 |
| ..... | 180 | Sved K. | 326 | Tereshchenko O. | 106 |
| Sosulin M. | 177 | Svitenko M. | 479 | ..... | 105 |
| Sotnikov O. | 532 | Svyd I. | 336 | Tereshchenko O. | 662 |
| ..... | 535 | Svystunov D. | 41 | Tikhonov D. | 237 |
| ..... | 536 | Sych A. | 349 | Timoshenko P. | 112 |
| ..... | 539 | ..... | 350 | Timoshenko O. | 77 |
| ..... | 607 | Sychoy O. | 383 | Tishkin V. | 472 |
| Spirkin Ye. | 104 | Sydorenko D. | 414 | ..... | 473 |
| Stadnick V. | 367 | Sydorenko R. | 532 | Titov O. | 312 |
| Stadnik V. | 370 | ..... | 536 | Tiutiunyk O. | 317 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|--------------------|-----|---------------------|-----|
| Tiutiunnyk V. | 267 | Tsiupka P. | 42 | Vasylenko V. | 738 |
| ..... | 274 | ..... | 46 | Vasylyshyn V. | 260 |
| ..... | 277 | Tsiurak Z. | 185 | ..... | 306 |
| ..... | 299 | Tsotok Z. | 186 | ..... | 308 |
| Tkach T. | 119 | Tuhai V. | 269 | ..... | 309 |
| Tkach Yu. | 707 | Tulenko M. | 320 | Vdovonkov V. | 580 |
| Tkachenko S. | 271 | ..... | 322 | ..... | 581 |
| Tkachenko V. | 474 | ..... | 324 | ..... | 582 |
| Tkachik V. | 217 | ..... | 325 | ..... | 830 |
| Tkachuk O. | 226 | Tupitsya I. | 156 | Vedmid O. | 223 |
| Tkachuk V. | 368 | Tymofieiev S. | 412 | ..... | 230 |
| Tkalych A. | 287 | Tymofieiev S. | 411 | Velychko V. | 799 |
| ..... | 265 | Tytarenko R. | 234 | Vershyhora M. | 114 |
| Todorova K. | 802 | Tyurina V. | 535 | Viedienieva R. | 75 |
| Tokar O. | 404 | | | Vintonyak S. | 271 |
| ..... | 416 | U | | Voinov V. | 419 |
| Tokarchyk I. | 681 | Udodova O. | 807 | ..... | 424 |
| Tokarev O. | 157 | Ukrainets Ye. | 104 | ..... | 425 |
| Tokarev S. | 73 | Umudov S. | 173 | Voinska D. | 668 |
| Tolkachenko Y. | 365 | Ursakii Y. | 230 | Voitenko S. | 665 |
| ..... | 367 | Ursol I. | 357 | ..... | 666 |
| Tonkonog M. | 106 | Ursol O. | 102 | Volkov A. | 428 |
| Toporovska V. | 157 | Useyinov A.H. | 330 | Volkova M. | 794 |
| Topyryk D. | 350 | Uvarov V. | 629 | Volodin M. | 41 |
| Torba K. | 271 | ..... | 633 | Volodko S. | 406 |
| Torchilov O. | 69 | ..... | 634 | Volovodiuk A. | 645 |
| Torchylov O. | 64 | ..... | 635 | Volyuvach S. | 219 |
| ..... | 68 | ..... | 655 | Vorobiov O. | 510 |
| ..... | 70 | ..... | 657 | ..... | 609 |
| ..... | 71 | V | | Vorobyov E. | 362 |
| Toropov Y. | 240 | Vakhniuk S. | 451 | Vorobyov O. | 630 |
| Trach I. | 66 | ..... | 452 | ..... | 655 |
| Tretiak V. | 222 | Vakhnuk S. | 453 | Voronin A. | 176 |
| ..... | 829 | Vakulenko D. | 326 | ..... | 371 |
| Tretyak V. | 72 | Vakulko Y. | 110 | ..... | 372 |
| Trifonenko K. | 48 | Varvarov V. | 543 | ..... | 372 |
| Trofimenko Y. | 229 | Vasiekin D. | 152 | ..... | 852 |
| Trofimova Y. | 316 | ..... | 155 | Voronin V. | 222 |
| Trofymov I. | 266 | Vasilenko V. | 841 | Voronov D. | 318 |
| ..... | 278 | Vasiuta K. | 146 | Voroshylov K. | 417 |
| Trofymova M. | 786 | ..... | 347 | Vorotintsev V. | 608 |
| Trojan K. | 336 | ..... | 348 | Vovchuk S. | 807 |
| Trubchaninova K. | 335 | ..... | 534 | ..... | 808 |
| Trushyn S. | 241 | Vasylenko E. | 162 | Vovk O. | 66 |
| Trystan A. | 50 | Vasylenko L. | 581 | ..... | 83 |
| Tsemma O. | 166 | Vasylenko R. | 162 | Voytenko K. | 215 |
| ..... | 160 | ..... | 169 | Voznyi O. | 17 |
| Tsiupka H. | 265 | ..... | 174 | ..... | 43 |
|  |  | ..... | 175 | ..... | 55 |
| | | Vasylenko V. | 307 | | |

| | | | | | |
|----------------------------|-----|----------------------|-----|-----------------------|-----|
| Vozny O. | 231 | Yevchenko V. | 658 | Zarichniak Ye..... | 632 |
| Vyhivskiy O. | 231 | Yevsieiev A. | 640 | ..... | 637 |
| Vylyvok D. | 639 | Yevstafieva K. | 284 | ..... | 638 |
| Vyshnivskiy Y. | 149 | Yevtushenko O. | 856 | ..... | 639 |
| Vysotsky O. | 336 | Yudenko V. | 673 | Zarichniy Y. | 57 |
| Vysotskiy I. | 324 | Yudin S. | 606 | Zasikan E. | 714 |
| Vysotskiy O. | 315 | Yukhno V. | 449 | Zasjadko A. | 249 |
| ..... | 282 | Yula O. | 547 | Zavoritnii M. | 150 |
| Vyun A. | 120 | Yunda V. | 479 | Zbezhkhovska U. | 318 |
| W | | Yurchenko A. | 823 | Zelenska O. | 796 |
| Wang K. | 116 | Yurchenko V. | 855 | Zemlyansky D. | 325 |
| Y |  | ..... | 857 | Zenevych K. | 831 |
| Yachenok V. | 159 | Yurchuk S. | 149 | Zhalieiko O. | 861 |
| Yadigarova L. | 716 | Yurko I. | 576 | Zhelnovach K. | 282 |
| Yahodka N. | 677 | Yurkovska O. | 179 | Zhuikov D. | 280 |
| Yakoliev O. | 519 | Yusifova X. | 377 | ..... | 738 |
| Yakovets O. | 629 | Yuzova I. | 611 | Zhuikov V. | 860 |
| Yakovlev O. | 80 | Z | | Zhuk I. | 801 |
| Yakushevskiy S. | 168 | Zabudko M. | 778 | Zhuk V. | 184 |
| Yakymenko T. | 49 | Zaderei K. | 280 | ..... | 801 |
| Yakymovskiy D. | 368 | Zadorozhna A. | 473 | Zhukov Y. | 226 |
| Yaloveha M. | 408 | ..... | 478 | Zhuravlev S. | 857 |
| Yalovets A. | 34 | Zahnyda V. | 861 | Zhuravlyova N. | 798 |
| Yanchenko V. | 211 | Zahorodnia N. | 284 | Zhydko Ye. | 580 |
| Yandola K. | 744 | Zahoruiko I. | 403 | ..... | 830 |
| Yarmolenko V. | 310 | ..... | 425 | ..... | 834 |
| Yarosh S. | 66 | Zaitsev D. | 405 | ..... | 835 |
| ..... | 211 | Zakharchenko I. | 359 | Zhylin Ye. | 518 |
| ..... | 214 | ..... | 361 | Zhyrun V. | 125 |
| ..... | 216 | ..... | 384 | ..... | 125 |
| Yaroshchuk V. | 428 | Zakharchenko V. | 320 | Zienovych O. | 149 |
| Yarovyi S. | 284 | ..... | 321 | ..... | 150 |
| Yarovyi V. | 662 | Zakharchuk O. | 63 | Zinchenko A. | 709 |
| ..... | 689 | Zakirov Z. | 43 | Zlobin B. | 645 |
| Yashchenok V. | 105 | Zakutin K. | 234 | ..... | 840 |
| Yasynskiy O. | 418 | Zalevsky G. | 261 | Zlyvka H. | 543 |
| Yatsenko K. | 443 | ..... | 264 | Zmozhenko K. | 282 |
| Yatskiv R. | 166 | Zalisko T. | 233 | Zolochevskiy V. | 226 |
| Yatsko R. | 519 | Zalkin S. | 514 | Zolotoverkhyi D. | 831 |
| Yatsun D. | 354 | ..... | 515 | Zorkin R. | 746 |
| Yatymov D. | 411 | Zapara D. | 45 | Zotova D. | 258 |
| Yavtushenko V. | 14 | ..... | 364 | Zots F. | 271 |
| ..... | 739 | Zapeka V. | 669 | ..... | 272 |
| Yelin V. | 21 | ..... | 685 | Zubkov V. | 321 |
| Yepifanov O. | 226 | Zarichniak Ye. | 46 | Zuienko D. | 186 |
| Yerastova-Mykhalus I. | 795 | ..... | 334 | Zulfugarov B. | 647 |
| Yerilkin A. | 72 | ..... | 336 | ..... | 648 |
| Yevchenko V. | 641 | ..... | 630 | ..... | 650 |

| | | | | | |
|----------------------|-----|-------------------------|-----|------------------------|-----|
| Zvieriev O. | 245 | Беззубцева Т.Г. | 771 | ..... | 603 |
| ..... | 249 | Бейліс Л.В. | 10 | Букін О.В. | 604 |
| Zynchenko V. | 148 | Бердичівський П.П. | 32 | Буколова Л.В. | 741 |
| A | | Бережний А.О. | 5 | Булах П.О. | 138 |
| Абальмасов С.Ю. | 620 | Беспалко І.А. | 616 | Бурсала О.Л. | 661 |
| Аврамчук Л.І. | 585 | Беспалко І.А. | 625 | Бурсала О.О. | 661 |
| ..... | 588 | Биков В.М. | 482 | Бурцева В.В. | 696 |
| Аврамчук О.Є. | 585 | Білан Д.Д. | 438 | Буряковський С.Г. | 485 |
| ..... | 586 | Білий М.Ф. | 143 | ..... | 659 |
| ..... | 587 | Білобородов О.О. | 254 | Буць Д.В. | 791 |
| ..... | 589 | ..... | 338 | B | |
| Андрієнко О.В. | 660 | Білобородова Л.В. | 565 | Ваврічен О.А. | 343 |
| Андрієнко О.В. | 726 | Білоус Г.П. | 465 | Вальчук А. | 505 |
| Андрощук Р.А. | 617 | Білоус І.І. | 506 | Варава В.В. | 496 |
| Андрушко А.М. | 189 | Білоус К. | 529 | Варавін А.В. | 595 |
| Андрушко М.В. | 189 | Білоус М.С. | 621 | Василенко О.А. | 490 |
| ..... | 190 | Білоус О.В. | 397 | Василів С.С. | 136 |
| Андрющенко Ю.А. | 613 | Блискун О.Є. | 36 | Васильєв О.С. | 595 |
| Антонюк А.А. | 396 | ..... | 100 | Ведула Д.М. | 303 |
| Антонюк А.В. | 396 | Богдан С.І. | 194 | Векленко Ю.А. | 436 |
| Апальков С.О. | 656 | Богун О.І. | 627 | Величко Л.Д. | 813 |
| Аргун Щ.В. | 488 | Богущий С.М. | 390 | Веровок М.В. | 301 |
| Аркушенко П.Л. | 190 | Бойко Р.С. | 585 | Верховодов І.А. | 528 |
| ..... | 520 | ..... | 586 | Виговський М.В. | 703 |
| Ахмедов Р.Б. | 654 | Болобан С.І. | 618 | Випорханюк Д.М. | 616 |
| B | | Бондарев Г.В. | 763 | ..... | 625 |
| Бабарика А.О. | 390 | ..... | 764 | Вишняков В.Ю. | 622 |
| ..... | 397 | Бондаренко О.В. | 481 | ..... | 626 |
| Бабінська А.О. | 503 | Бондаренко Ю.Л. | 813 | Вінніченко С.О. | 482 |
| Баган В.Р. | 431 | Борисенко М.В. | 721 | Власенко Є.В. | 23 |
| Багач Р.В. | 589 | Бордуліна М.В. | 585 | Власов А.В. | 22 |
| ..... | 590 | Борозняк С.С. | 785 | ..... | 26 |
| ..... | 591 | Бортник Ю.М. | 792 | ..... | 296 |
| ..... | 592 | Борщ В.В. | 694 | ..... | 297 |
| Базарний С.В. | 388 | ..... | 695 | Власов І.О. | 469 |
| ..... | 394 | ..... | 701 | ..... | 470 |
| ..... | 724 | Бочарніков В.П. | 134 | Вовчанівська Н.М. | 204 |
| Базіло С.М. | 23 | Бояров В.Т. | 818 | Вода Ю.Л. | 497 |
| Балабан М.В. | 595 | Брезіцький Е.Ю. | 627 | Войтенко І.В. | 589 |
| Балагур Л.О. | 28 | Бриковський А.Г. | 34 | Войтович М.І. | 130 |
| Балковий А.В. | 493 | Брянкін С.С. | 597 | Войтович М.І. | 817 |
| Балушок К.Б. | 130 | Бугайов М.В. | 434 | Войтович О.А. | 599 |
| Баркатов І.В. | 760 | ..... | 561 | Воробйов О.М. | 458 |
| ..... | 763 | Будзінська О.О. | 38 | ..... | 460 |
| ..... | 764 | ..... | 399 | G | |
| Башинський В.Г. | 98 | Букін О.В. | 600 | Гаврилов Д.О. | 765 |
| Бедрій Н. | 207 | ..... | 601 | Гаврилук А.В. | 505 |
| ..... | 504 | ..... | 602 | Гайда П.І. | 760 |
| | | | | Ганаба С.О. | 767 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------|-----|
| Гандзюк А.П. | 766 | ..... | 774 | Добриденко О.М.... | 137 |
| Гапоненко Г.М. | 195 | Гриб Д.А. | 10 | Добрянський О.О. . | 195 |
| Гапоненко Н.П. | 195 | Григанський Б.Ф. | 522 | Довбенко О.В. | 524 |
| Гарбуз М.О. | 656 | Григоренко І.В. | 691 | ..... | 526 |
| Гелета С.М. | 30 | Григорчук Р.В. | 696 | ..... | 528 |
| Генчевська В.О. | 458 | Гринчак С.О. | 135 | Догонов В.М. | 135 |
| Герасименко В.В. | 36 | Гринюк Ю.В. | 620 | Домащук М.В. | 396 |
| Герасименко Л.В. | 755 | Грицюк В.В. | 560 | Дорда А. | 485 |
| Герасимчук М.М. | 618 | Гришук О.М. | 388 | Дранник П.А. | 255 |
| Геращенко М.О. | 495 | Грічанюк О.М. | 482 | Дробна О.В. | 603 |
| Гладич Р.І. | 399 | Грубі Т.В. | 757 | ..... | 604 |
| ..... | 567 | Гудима В.П. | 692 | Дубина О.Ф. | 396 |
| Гламаздін В.В. | 595 | Гузик Н.М. | 761 | Дуболазов Ю.О. | 701 |
| Глоба О.В. | 254 | ..... | 812 | Дудник Т.Г. | 99 |
| ..... | 256 | ..... | 813 | Дуленко Д.І. | 60 |
| Голіцин В.О. | 766 | ..... | 815 | Дурач В.М. | 725 |
| Голова М.А. | 771 | Гузій Є.О. | 189 | Є | |
| Головко М.І. | 592 | ..... | 200 | Єгоров А.Д. | 430 |
| Головняк Д.В. | 494 | Гук О.М. | 723 | Єгоров В.А. | 430 |
| Голуб С.П. | 817 | Гуменюк М. | 485 | Єгоров С.А. | 430 |
| Гончаренко Є.В. | 202 | Гургуц Д.Л. | 33 | Єзик В.І. | 590 |
| Гончаренко О.О. | 97 | Гусяков Ю.Є. | 469 | Єлін В.М. | 342 |
| ..... | 194 | Д | | Єременко В.С. | 492 |
| ..... | 196 | Давіденко С.В. | 392 | Єрмак Г.П. | 594 |
| Гончарук О.М. | 792 | ..... | 342 | ..... | 595 |
| Горб Д.В. | 486 | Даниленко В.Д. | 458 | Єфімов І.Л. | 338 |
| ..... | 729 | Даниленко О.В. | 206 | Ж | |
| Горбань Г.В. | 206 | Данилюк В.Є. | 138 | Жежерун Ю.В. | 201 |
| Горбач Н.Л. | 792 | Данилюк І.А. | 199 | ..... | 202 |
| Горбачов К.М. | 432 | ..... | 435 | Желтов В.М. | 594 |
| ..... | 434 | Даценко О.П. | 722 | Жерновий В.І. | 591 |
| ..... | 467 | Дацько Д.В. | 585 | Животовський Р.М. | 254 |
| Горбачова Я.С. | 434 | ..... | 586 | Живчук В.Л. | 393 |
| ..... | 467 | Дворський М.В. | 527 | Жигало Н. | 504 |
| Горбенко В.М. | 23 | Дегтяренко С.О. | 130 | Жуков Д.І. | 497 |
| ..... | 26 | Дейнека І.І. | 602 | Жуков І.О. | 22 |
| Гордієнко Ю.О. | 617 | Денисов Ю.О. | 661 | ..... | 26 |
| ..... | 619 | Джуманязов Ю.У. | 430 | З | |
| Горобець В.М. | 592 | Дзисюк О.В. | 696 | Заболотнюк В.І. | 757 |
| Горобець Ю.О. | 23 | Дзюбенко Ю.А. | 32 | Завада А.А. | 616 |
| ..... | 254 | Дикун В.В. | 718 | ..... | 625 |
| Городиський Р.О. | 343 | Дирман Ю.В. | 705 | Завадський Д.С. | 303 |
| Горяну Д.В. | 626 | Дівізінюк М.М. | 58 | Загорка О.М. | 301 |
| Гребеник О.М. | 251 | Діденко Є.Ю. | 819 | Задерієнко С.І. | 483 |
| ..... | 490 | Діліон О.О. | 626 | Заєць Я.Г. | 342 |
| Гребенюк О.О. | 343 | Діма Ю.В. | 728 | ..... | 392 |
| ..... | 344 | Дмитрієнко О.А. | 194 | Зайка В.М. | 495 |
| Гресь О.М. | 33 | Дмитрієв О.М. | 198 | Заплішна А.І. | 490 |

| | | | | | |
|-------------------------|-----|-----------------------|-----|--------------------------|-----|
| Запорожець С.В. | 201 | Карасьов О.Г. | 128 | Коломиєць Л.Ф. | 195 |
| Запорожець С.В. | 208 | Каращук Н.М. | 200 | Коломиєць В.В. | 201 |
| Зачепа Ю.В. | 659 | Каржау Є.К. | 32 | Коломиєць Ю.М. | 562 |
| Зварич А.О. | 24 | Карпаш М.О. | 690 | Коломійцев О.В. | 127 |
| Зварич С.С. | 391 | Карпенко О.В. | 144 | Колос Ю.О. | 200 |
| Зверев О.О. | 252 | Кателян О.В. | 723 | Комарницький Б.Р. | 131 |
| Звигляннич С.М. | 495 | Катеринчук І.С. | 389 | Комаров В.О. | 127 |
| Згода Г.І. | 61 | ..... | 390 | ..... | 295 |
| Зінченко М.О. | 295 | ..... | 397 | ..... | 341 |
| ..... | 341 | Катренко М.О. | 654 | ..... | 387 |
| ..... | 483 | Кацалап В.О. | 563 | ..... | 483 |
| Зірка А.Л. | 193 | Кибальний М.Ю. | 130 | Комаров М.В. | 196 |
| Зозуля Л.А. | 436 | Кириченко А.А. | 718 | Конвісар М.Г. | 203 |
| Зотов С.М. | 592 | Кириницький В.А. | 769 | Кондратюк І.В. | 460 |
| Зуб А.А. | 661 | Кібальник В.М. | 297 | ..... | 588 |
| Зубков В.П. | 560 | Кіпріанов О.Л. | 489 | Кондряков Є.О. | 137 |
| Зуйков В.А. | 600 | Кірдей Л.М. | 194 | ..... | 138 |
| I | | Кірсенко В.В. | 26 | Корнелюк В.В. | 129 |
| Іваненко В.О. | 462 | Кірсанов В.С. | 698 | Корнієнко М.В. | 653 |
| ..... | 464 | Кісілевич В.В. | 21 | Коровайний Є. | 485 |
| Іванов О.В. | 342 | Кіцера А.О. | 431 | Коровін І.П. | 134 |
| Ікаєв Д.Р. | 524 | ..... | 433 | Коростельов В.А. | 499 |
| Ільїна О.В. | 726 | Кіщук Л.А. | 762 | Коротій О.О. | 701 |
| Ільїна О.В. | 765 | Клабан Ю.М. | 29 | Коротін С.М. | 524 |
| Ільчишин В.В. | 693 | ..... | 33 | Косташук М.М. | 430 |
| Ісакова Н.М. | 725 | Климченко С.В. | 700 | Костенко А.І. | 618 |
| Ісенко В.В. | 498 | Кмін В.О. | 764 | Костенко О.О. | 599 |
| Істомін К.К. | 30 | Кмін В.Ф. | 764 | Костерев Д.С. | 38 |
| Іщенко В.П. | 437 | Князев В.В. | 485 | ..... | 567 |
| ..... | 486 | Коваленко А.В. | 98 | Костріков О.Л. | 695 |
| Іщенко Д.А. | 207 | Коваленко О.В. | 730 | ..... | 701 |
| ..... | 562 | Коваль В.М. | 467 | Котляренко А.А. | 137 |
| Іщенко І.А. | 663 | Ковальов К.Є. | 400 | Котова М.А. | 700 |
| Іщенко О.М. | 393 | ..... | 526 | Коцюрuba А.В. | 134 |
| K | | Ковальов К.Є. | 727 | Кочан Р.В. | 431 |
| Кайнаран А.В. | 466 | Ковальчук Р.А. | 812 | ..... | 433 |
| Калетнік С.А. | 194 | Ковба О.П. | 100 | Кочин В.Д. | 792 |
| ..... | 196 | Коворотний О.Л. | 592 | Кошель А.А. | 140 |
| Калмиков О.С. | 482 | Кожушко А.П. | 458 | Кошель А.В. | 615 |
| Калниболотчук І.В. | 198 | Кожушко Я.М. | 482 | Кошельник І.В. | 34 |
| Кальченко Т.М. | 792 | Козак Д.В. | 521 | Кошовий Г.І. | 601 |
| Камак Ю.О. | 96 | ..... | 522 | Кравченко В.Л. | 296 |
| Камінський В.В. | 26 | Козир Н.М. | 499 | Кравченко С.О. | 432 |
| Каневський Л.Б. | 488 | Колесник В.О. | 21 | Красинський С.В. | 702 |
| Каплюк О.М. | 202 | ..... | 755 | ..... | 703 |
| Капочкін Б.Б. | 135 | Колесник В.О. | 205 | Краснокутський В.М. | 463 |
| Капран О.С. | 622 | ..... | 208 | Красовський Я.М. | 587 |
| Карасьов Д.Л. | 37 | Колесник С.М. | 494 | Красовський Я.М. | 588 |

| | | | | | |
|----------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------|-----|
| Красота І.В. | 722 | Ліщинська Х.І. | 761 | Матвєєв Л.І. | 523 |
| Кривцов А.О. | 731 | ..... | 813 | Матвієнко Т.О. | 566 |
| Кришній П.І. | 525 | ..... | 814 | Матющенко О.Г. | 520 |
| Кудрявцев Д.П. | 594 | ..... | 815 | ..... | 761 |
| Кузавков В.В. | 693 | ..... | 817 | Махонін А.Є. | 626 |
| Кузнецов В.В. | 500 | Лобода В.В. | 617 | Мельник А.В. | 337 |
| Кузнецов В.О. | 693 | Лобода Р.І. | 480 | Мельник А.П. | 191 |
| Кузьменко В.О. | 436 | Логвінов Ю.Ф. | 598 | Мельник Б.О. | 431 |
| ..... | 811 | ..... | 600 | Мельник В.В. | 506 |
| Кузьменко Т.С. | 816 | ..... | 601 | Мельник С.І. | 598 |
| Кузьмичов І.К. | 599 | ..... | 602 | ..... | 601 |
| Кузьміч О.Є. | 189 | ..... | 603 | Мельников А.А. | 488 |
| ..... | 190 | ..... | 604 | Меркулов О.А. | 699 |
| Кулініч Ю.М. | 38 | Лук'янець О.В. | 597 | Меркулов О.А. | 703 |
| Кульба П.П. | 138 | Лук'яниця Н.М. | 620 | Микитюк Н.М. | 772 |
| Купчишина В.Ч. | 758 | Лук'янчук В.В. | 252 | Миклуха В.А. | 620 |
| Куренко В.О. | 386 | Лукаш О.С. | 599 | ..... | 624 |
| Куровська Т.Ю. | 145 | Луцевят О.І. | 31 | ..... | 624 |
| Кухарчук І. | 207 | ..... | 62 | Мильников Г.В. | 562 |
| Куцаєв В.В. | 199 | Луценко В.І. | 602 | Мироненко О.В. | 691 |
| ..... | 435 | Луценко І.В. | 602 | ..... | 699 |
| Кучер Л.Р. | 721 | Лушпай Д.М. | 653 | Миронович Ю.В. | 775 |
| Кучер М.В. | 721 | Ляшенко В.А. | 693 | Мирончук Є.М. | 587 |
| Кушніренко О.В. | 136 | Лящук О.І. | 613 | ..... | 588 |
|  |  | ..... | 614 | Миронюк М.Ю. | 31 |
| Л | | М | | Миронюк О.І. | 728 |
| Лабазов С.М. | 599 | Магу О.М. | 206 | Миронюк С.В. | 604 |
| Лабушняк В.В. | 700 | Мазуренко І.М. | 560 | Миценко І.М. | 593 |
| Лаврик С.В. | 775 | Майборода Ю.М. | 35 | Мірошниченко В.Я. | 145 |
| Лаврут О.О. | 21 | ..... | 760 | Місценко Р.В. | 202 |
| ..... | 390 | Майстренко О.В. | 501 | ..... | 205 |
| ..... | 755 | Майстров О.О. | 521 | ..... | 205 |
| ..... | 757 | ..... | 524 | ..... | 208 |
| Лаврут Т.В. | 21 | ..... | 562 | Місюра О.В. | 591 |
| ..... | 755 | Макаренко Р.Г. | 494 | Мітрахович М.М. | 140 |
| ..... | 757 | Маковський І.Ю. | 567 | ..... | 142 |
| Лада Н.В. | 492 | Максим'юк С.О. | 688 | Міхєєв Ю.І. | 563 |
| Лазута Р.Г. | 435 | Мальцев В.П. | 604 | Мішок А.А. | 705 |
| Лайське С.В. | 93 | ..... | 849 | Міщенко Ю.В. | 30 |
| Ланко А.В. | 693 | Мандзюк Р.В. | 481 | Могила А.А. | 205 |
| Лейник Д.М. | 524 | Манзьяк О.М. | 770 | ..... | 604 |
| ..... | 526 | Маньовський Р.Т. | 773 | ..... | 817 |
| Лемешко О.В. | 386 | Марищук Л.М. | 562 | ..... | 850 |
| Лернатович А.М. | 761 | Мартиненко Д.О. | 620 | Мокринський О.В. | 495 |
| Лисий О.О. | 61 | Мартинюк А.М. | 850 | Мордвінов М.О. | 660 |
| ..... | 298 | Мартинюк О.Р. | 100 | Мордвінов М.О. | 664 |
| ..... | 462 | Марчик Д. | 505 | Мосійчук Р.В. | 204 |
| Литвин В.В. | 393 | Марчик Д.Ю. | 623 | Мостовий О.В. | 24 |
| Лівіцький Г.Л. | 38 | Марчук А. | 849 | ..... | 741 |
| Ліневич М.М. | 344 | ..... | 847 | Мошаренков В.В. | 741 |
| Ліцман А.М. | 30 | Масло О.М. | 137 | Мошаренкова Т.В. | 741 |
| Ліщинська Х.І. | 130 | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|
| Мул Д.А..... | 297 | Остапчук О.М..... | 589 | Пісклов Є.В..... | 196 |
| Мурасов Р.К. | 723 | Охріменко С.А. | 816 | Піщанський Ю.А. .. | 560 |
| Мухін С.Ю. | 25 | | | Плакущий Д.О. | 140 |
| Н | | П | | Платонов М.О. | 755 |
| Нагорнюк О.А. | 563 | П'янгківський А.П. .. | 774 | Побережний Л.Л. | 26 |
| Натаров М.П. | 595 | Павельчук В.Л. | 467 | Погасій М.С. | 761 |
| Науменко Д.Г. | 592 | Павленко П.Т. | 530 | Подрігалo М.А. | 457 |
| Науменко М.В. | 196 | Павлов Д.П. | 460 | ..... | 463 |
| Наумчак Л.М. | 491 | Палагута В.В. | 210 | Поздняков В.В. | 434 |
| ..... | 622 | Пальчиков В.В. | 430 | Позовна Т.А. | 615 |
| ..... | 625 | Панін О.О. | 659 | Покровський В.В. .. | 131 |
| Наумчак О.М. | 491 | Пантелєєва Н.М. | 93 | Поліщук В.В. | 60 |
| ..... | 622 | ..... | 97 | Поліщук І.О. | 625 |
| ..... | 622 | ..... | 98 | Поліщук С.В. | 301 |
| Нечаус А.О. | 653 | Панчишин А.Б. | 436 | Помогайбо В.В. | 342 |
| ..... | 654 | Панюков В.М. | 492 | Попесько В.П. | 619 |
| ..... | 659 | Паращенко Т.В. | 205 | Попков С.Б. | 139 |
| ..... | 660 | ..... | 206 | Поплавський В.Я. .. | 192 |
| Ніколаєв А.Т. | 721 | Парновський О.С. .. | 614 | Попов С.Е. | 302 |
| Ніколаєнко Ю.Є. | 521 | Пасічник В.М. | 256 | Поринос С.О. | 194 |
| ..... | 522 | Пастухов В.В. | 502 | Потапов О.І. | 200 |
| Ніколайчук Л.Г. | 758 | ..... | 565 | Потрап О.А. | 60 |
| Ніколенко В.В. | 699 | Пасько І.В. | 339 | Походенко О.М. | 202 |
| ..... | 703 | Пасько О.І. | 340 | ..... | 205 |
| Нікорчук А.І. | 457 | Паталаха В.Г. | 254 | ..... | 208 |
| Новак Д.А. | 501 | Пащетник О.Д. | 393 | Поян Д.М. | 623 |
| Новіков О.А. | 724 | ..... | 395 | Прис Г.П. | 483 |
| Новікова І.В. | 766 | ..... | 396 | Прібилєв Ю.Б. | 388 |
| Новосад Л.Ю. | 192 | Педенко Ю.О. | 593 | Прокопенко Є.В. | 297 |
| Нос А.І. | 585 | ..... | 598 | Пулеко І.В. | 813 |
| ..... | 586 | ..... | 600 | Пуховий О.В. | 302 |
| ..... | 587 | ..... | 601 | Пушкарьов Ю.І. | 486 |
| ..... | 588 | Пекур Д.В. | 521 | ..... | 760 |
| ..... | 589 | ..... | 522 | Пятава Ю.О. | 297 |
| О | | Пелипенко Є.С. | 463 | | |
| Оверчук С. | 505 | Пелипець Р.І. | 131 | Р | |
| Одновол А.В. | 205 | Перелигін Р.В. | 471 | Рагулін В.В. | 486 |
| Ольховіков Д.С. | 691 | Перемибіда І.В. | 730 | ..... | 487 |
| Ольховіков С.В. | 691 | Перепелиця Ю.Л. | 300 | Радзівковський С.А. | 467 |
| Омельчук І.А. | 198 | Перепелиця Ю.Л. | 31 | Радченко М.М. | 188 |
| Опенько П.В. | 128 | Першин М.Ю. | 723 | ..... | 341 |
| ..... | 129 | Петлюк І.В. | 30 | Радько О.В. | 134 |
| ..... | 133 | Петренко О.Г. | 461 | Рарог Р.М. | 696 |
| Опенько П.В. | 33 | Петрук М.Д. | 663 | Расстригін О.О. | 193 |
| Оріховський П.В. | 23 | Петрук С.М. | 250 | Ратушний С.В. | 520 |
| ..... | 31 | ..... | 252 | Рачкінда Вид. А. | 38 |
| Орлов С.В. | 489 | Печенко О.М. | 36 | Рачкінда Віт. А. | 38 |
| ..... | 495 | ..... | 100 | Рачок Р.В. | 390 |
| Орлюк Є.І. | 814 | Писарчук О.О. | 594 | Рашевський Є.Ю. | 97 |
| Орлянський А.А. | 252 | Підлужна І.А. | 790 | Ребров О.Ю. | 461 |
| Осадчий В.І. | 613 | Пількевич І.А. | 198 | | |
| Осипчук В.В. | 624 | | | | |

| | | | | | |
|----------------------|-----|-----------------------|-----|-------------------------|-----|
| Редька В.В. | 96 | Сафонов І.Є. | 134 | Соболяк О.В. | 430 |
| Резніченко М.Г. | 598 | Сащук С.І. | 387 | ..... | 602 |
| ..... | 602 | Свистунович І.В. | 198 | Сокульська Н.Б. | 761 |
| ..... | 603 | Світенко М.І. | 462 | ..... | 764 |
| ..... | 604 | ..... | 694 | ..... | 812 |
| Резнік Д.В. | 253 | ..... | 695 | ..... | 814 |
| ..... | 255 | Святченко В.В. | 847 | ..... | 815 |
| Резніков Ю.В. | 200 | Севостьянов Ю.В. | 849 | Соловійов А.А. | 430 |
| ..... | 520 | ..... | 850 | Соломатін Д.О. | 62 |
| ..... | 761 | Седляр А.А. | 256 | Соломицький О.І. | 248 |
| Риб'янець О.О. | 31 | Семенюк Н.Ю. | 39 | Солопій І.А. | 480 |
| Рибіцький І.В. | 688 | Семенюк Р.В. | 143 | Сотченко А.М. | 489 |
| ..... | 690 | Семенюк Р.П. | 338 | Співак Т.А. | 296 |
| Рижов Є.В. | 30 | Семироз А.О. | 462 | ..... | 298 |
| ..... | 395 | ..... | 694 | Спирін Д.А. | 482 |
| ..... | 396 | Семироз А.О. | 695 | Стародубцев І.О. | 594 |
| ..... | 695 | Семітко С.О. | 29 | Старостін А.С. | 732 |
| Роговець М.А. | 343 | Семон Б.Й. | 128 | Стасюк В.В. | 718 |
| Рогуля О.Ю. | 204 | Сенаторов В.М. | 431 | Степаненко О.В. | 502 |
| Родіонов А.В. | 488 | Сендецький М.М. | 387 | Степанов Г.С. | 32 |
| Роєнко О.М. | 593 | Сеник А.П. | 130 | Степанов О.Б. | 23 |
| Рожко С.Ю. | 527 | ..... | 817 | Степанюк О.І. | 814 |
| Романчук М.П. | 491 | Сеник О.І. | 814 | Столяр А.С. | 437 |
| ..... | 616 | Сеник Ю.А. | 130 | Столяренко М.П. | 143 |
| ..... | 622 | Сергієв С.В. | 398 | Стрельбіцький М.А. | 337 |
| Руднев Г.О. | 604 | Сергієнко А.О. | 387 | Стрельников Г.О. | 654 |
| Руснак В.М. | 61 | Сечко О.І. | 431 | Стрела М.С. | 137 |
| ..... | 464 | ..... | 433 | Стрінада В.В. | 207 |
| С | | Сиворакша Д.В. | 99 | ..... | 562 |
| Савчук А.В. | 522 | Сидоренко В.О. | 98 | Ступак Д.Є. | 663 |
| ..... | 621 | Сидяченко В.Г. | 131 | Ступка Б.А. | 201 |
| ..... | 624 | Симітко С.О. | 300 | ..... | 202 |
| Савчук Д.В. | 142 | Сідаш А.В. | 23 | Супрун В.О. | 191 |
| Садаєв А.Ю. | 200 | Сінгаєвський Р. | 485 | Сушинський Д.О. | 209 |
| Сай С.М. | 36 | Сітайло О.В. | 389 | Т | |
| Сайко В.Г. | 127 | Скиба О.В. | 597 | Табурець І.І. | 98 |
| ..... | 188 | Скляров А.В. | 341 | Тарасенко Я.В. | 489 |
| ..... | 295 | Скляров О.В. | 188 | ..... | 495 |
| ..... | 341 | ..... | 341 | Тварковська А.А. | 723 |
| ..... | 387 | Скосирев А.Ю. | 99 | Тварковська О.В. | 723 |
| ..... | 483 | Слободенюк С.Й. | 252 | Терещенко О.М. | 656 |
| Сакович Л.М. | 695 | Слободенюк Ю.В. | 296 | Терновий О.В. | 394 |
| Салій Д. | 504 | ..... | 298 | Тетерук В. | 529 |
| Сампір О.М. | 466 | Слюсар П.П. | 528 | Титаренко А.В. | 188 |
| Самчишин О.В. | 623 | Слюсаренко М.О. | 139 | Титаренко О.Б. | 23 |
| Сапон В.І. | 61 | Смиченко Є.О. | 60 | ..... | 29 |
| Сапон В.І. | 297 | Смиченко Є.О. | 562 | Титаренко О.Б. | 31 |
| Саричев Ю.О. | 560 | Сніцаренко П.М. | 560 | Тишко С.О. | 495 |
| | | | | Титаренко А.В. | 341 |
| | | | | Ткач А.О. | 505 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|------------------------|-----|----------------------|-----|
| Ткаченко А.В. | 100 | Хайрнасов С.М. | 521 | Шевченко Д.Т. | 506 |
| Ткаченко К.М. | 432 | ..... | 522 | Шевченко Д.Т. | 765 |
| Ткачов В.В. | 29 | Хардель М. | 401 | Шевченко О.В. | 656 |
| Тлустий А.О. | 567 | Хардіков В.В. | 482 | Шельвестер В.Я. | 38 |
| Токар А.М. | 492 | Харченко В.О. | 132 | Шеремет І.А. | 462 |
| Толмач Г.А. | 704 | Хімчик Н.О. | 566 | ..... | 464 |
| Тралюк О.Л. | 722 | Хома В.В. | 296 | ..... | 486 |
| Тристан А.В. | 197 | ..... | 298 | Шеховцова І.О. | 702 |
| Трунова І.С. | 653 | Хоптинський Р.П. .. | 337 | Шинкар Є.В. | 390 |
| Трифанов В.О. | 602 | Хорольський М.С. | 481 | Шинкаренко Є.О. .. | 487 |
| Трофименко П.Є. | 760 | Хорохордін А.О. | 142 | Шкурат Б.Ж. | 255 |
| Трофименко С.І. | 492 | Храпач Д.О. | 507 | ..... | 257 |
| Тулуб О.Г. | 206 | Хуторна М.Е. | 97 | Шубний О.І. | 595 |
| Тюрін В.О. | 760 | ..... | 98 | Шулежко А.В. | 197 |
| ..... | 763 | ..... | 99 | ..... | 204 |
| ..... | 764 | Ц | | Шулежко В.В. | 197 |
| Тютюнник Л.Л. | 766 | Цвіренко В.А. | 660 | Шульгін А.А. | 128 |
| У | | Цимбал Д.В. | 530 | ..... | 132 |
| Удніков О.М. | 700 | Цимбал І.В. | 199 | Шумілін Г.О. | 128 |
| ..... | 704 | Цих В.С. | 688 | Шумовецька С.П. .. | 756 |
| Ульянець О.А. | 654 | Ч | | Шуневич Б.І. | 760 |
| Уфанцев О.А. | 530 | Чабан Н.І. | 690 | Щ | |
| Учанін В.М. | 141 | Червоняк В.В. | 692 | Щенякін Д.О. | 508 |
| Ф |  | ..... | 697 | Щигло В.О. | 508 |
| Фараон С.І. | 723 | Чередніков О.М. | 58 | Щипанський П.В. | 23 |
| Фаррахов О.В. | 58 | ..... | 391 | ..... | 33 |
| Фатєєв О.В. | 594 | ..... | 818 | Ю | |
| Феденько В.М. | 58 | Череп В.Л. | 248 | Юзефович Р.М. | 131 |
| ..... | 136 | Чернега М.А. | 596 | Юфа Є.А. | 302 |
| ..... | 138 | Чернозубкін І.О. | 60 | Я | |
| ..... | 506 | Черноусов Д.О. | 389 | Яворський І.М. | 131 |
| Федорович В.В. | 721 | Чесановський І.І. | 397 | Якимович О.О. | 701 |
| Федорчук Д.Л. | 622 | Чимбанга Е.К. | 198 | Яременко С.В. | 23 |
| Федотова Ю.В. | 726 | Чіпера В.В. | 564 | Яриш І.Ю. | 811 |
| Фесенко К.В. | 486 | Чорний О.П. | 659 | Ярмоленко М.В. | 811 |
| ..... | 487 | ..... | 755 | Яровий В.С. | 664 |
| Фесюн О.В. | 486 | Чуканов А.І. | 389 | Яровий В.С. | 656 |
| ..... | 487 | Чумакевич В.О. | 813 | Ярош С.П. | 10 |
| Філімончук В.В. | 617 | Чуприна В.М. | 136 | Ярошенко А.С. | 31 |
| Філімончук В.С. | 623 | Ш | | Ярошенко Я.В. | 31 |
| Філіппенков О.В. | 22 | Шабанов Д.М. | 22 | ..... | 36 |
| ..... | 26 | ..... | 462 | ..... | 100 |
| ..... | 296 | ..... | 464 | ..... | 490 |
| Філіпов М.О. | 28 | Шабанова О.В. | 462 | ..... | 524 |
| Франжі О.В. | 624 | Шапан О.І. | 60 | Ярошов М.І. | 525 |
| Фриз С.П. | 480 | Шармін В.В. | 757 | Ясинецький В.П. | 397 |
| Х | | Швець В.П. | 137 | Ячна І.Г. | 26 |
| Хажанець Ю.А. | 397 | Швець В.П. | 138 | Яшук В.Ю. | 493 |

Для нотаток

Для нотаток

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ – ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

XXI МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

Відповідальний за випуск *К.С. Васюта*

Комп'ютерна верстка *О.В. Беспалько*,

Комп'ютерний дизайн обкладинки *П.В. Беляєв*

Техн. редактор *П.М. Мартиненко*

Коректор *С.В. Климченко*

Формат 60 × 84/16

Ум.-друк. арк. – 54

Підписано до друку 18.03.2025

Ціна договірна

Тираж 400 пр.

Зам. 19-14

Видавництво Харківського національного університету

Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5370 від 30.06.2017 р.

Адреса видавництва: 61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79

Віддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ТОВ “Майдан”

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців і розповсюджувачів видавничої продукції ДК №1002 від 31.07.2002 р.

61002, Харків, вул. Чернишевська, 59

тел. (057) 700-37-30 e-mail: maydan.stozhuk@gmail.com
