ISSN 2706-7386

ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО–ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

НАУКА НАБЛИЖАЄ ПЕРЕМОГУ
ТА ЗБЕРІГАЄ ЖИТТЯ!

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

ВИПУСК 1 (11)

ISSN 2706-7386

**ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

ВИПУСК № 1(11) 2022

Науково-теоретичний та науково-практичний
збірник наукових праць

2022

УДК 623(062.552)
З-41

Рекомендовано до друку науково-технічною радою Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (Протокол № 5 від 26.03.2022 року).

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки / ДНДІ ВС ОВТ. – Чернігів: Євенок О.О., 2022. – Вип. № 1(11). – 146 с. – ISSN 2706-7386.

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки спрямований на висвітлення проблемних питань наукового та науково-технічного характеру у галузі створення, випробування, оцінки відповідності озброєння та військової техніки і пошук шляхів їх вирішення.

Збірник буде корисним здобувачам вищої освіти, науковим та науково-педагогічним працівникам закладів вищої освіти; інженерам та науковим працівникам у галузі створення, випробування та оцінки відповідності озброєння та військової техніки, працівникам інженерно-технічного складу експлуатуючих підрозділів.

Редакційна колегія

Головний редактор:

Башинський В.Г. – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, академік Академії технологічних наук України.

Заступник головного редактора:

Тристан А.В. – доктор технічних наук, старший науковий співробітник.

Члени редакційної колегії:

Бурсала О.Л. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;
Денисов О.І. – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки;
Козир А.Г. – кандидат технічних наук;
Космач О.П. – кандидат технічних наук;
Кукобко С.В. – кандидат технічних наук;
Ляшенко В.А. – кандидат технічних наук, старший дослідник;
Нікітченко В.І. – кандидат технічних наук, старший дослідник;
Павленко А.Г. – кандидат технічних наук;
Сапон С.П. – кандидат технічних наук, доцент;
Сиза О.І. – доктор технічних наук, професор.

Відповідальний секретар:

Аркушенко П.Л. – кандидат технічних наук.

Editor-in-Chief:

Volodymyr Bashynskyi – Dr.Sci.(Eng.), Senior Researcher, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, The Laureate of State Prize of Ukraine in Science and Technology, Member ATS Ukraine.

Deputy Editor-in-Chief:

Andrii Trystan – Dr.Sci.(Eng.), Senior Researcher.

Editorial Board:

Alexander Bursala – Ph.D.(Eng.), Senior Researcher;
Alexander Denisov – Dr.Sci.(Eng.), Professor, Honored Worker of Science and Technology;
Anton Kozyr – Ph.D.(Eng.);
Aleksandr Kosmach – Ph.D.(Eng.);
Sergey Kukobko – Ph.D. (Eng.);
Volodymyr Liashenko – Ph.D. (Eng.), Senior Researcher;
Viktor Nikitchenko – Ph.D. (Eng.), Senior Researcher;
Anatolii Pavlenko – Ph.D. (Eng.);
Sergey Sapon – Ph.D.(Eng.), Assistant;
Olga Sizaya – Dr.Sci.(Eng.), Professor.

Executive Managing Editor:

Pavlo Arkushenko – Ph.D.(Eng.).

Збірник включений до **Переліку наукових фахових видань України категорія "Б"**, за спеціальністю – 255 технічні, військові науки, наказ МОН України від 15.04.2021р. № 420.

Публічність та доступ:

Збірник зберігається в загальнодержавній реферативній базі даних Державної бібліотеки ім. Вернадського "Україніка наукова", індексується на платформі Open Journal Systems (OJS) у Crossref, Google Scholar та включений у міжнародну базу даних наукових журналів Index Copernicus. Збірник має повністю відкритий доступ: https://dndivsovt.com. Періодичність 4 рази на рік.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23995-13835Р від 19.06.2019

ЗМІСТ

Chupryna V.M., Dmytriiev V.A.
Modeling the strength of the rear suspension of the specialized armored vehicle "Novator" **4**

Борщ В.В, Вервейко О.І., Семироз А.О.
Деякі проблемні питання із забезпечення єдності вимірювань під час випробувань озброєння та військової техніки **13**

Борта Р.М., Коцюруба В.І., Ветошкін О.Г., Єрмоленко О.В.
Моделювання фільтрування повітря у мобільних приміщеннях в умовах вогневого ураження противника **23**

Голуб В.М., Акимов О.О., Бояров В.Т., Жданюк М.М., Холодний Р.В.
Оцінка впливу функціональних систем вертольотів Ми-8МСБ-В та Ми-8МТ(МТВ) на показники їх безвідмовності за 2017-2021 роки **29**

Живець Ю.М., Шумигай О.В., Єрмоленко О.В., Ветошкін О.Г.
Застосування тепловізорів у системах виявлення, спостереження та прицілювання **38**

Звигляних С.М., Орлов С.В., Балабуха О.С., Коломійцев О.В., Опенько П.В.
Пропозиції щодо вибору комбінацій наземних об'єктів противника, що уражаються при плануванні вогневих ударів з урахуванням поточного стану даних об'єктів **47**

Каплюк О.М., Нікітченко В.І., Кірдей Л.М., Терновський А.Ю., Брайко В.В.
Щодо визначення основних термодинамічних параметрів вибуху термобаричного боєприпасу **55**

Корнієнко І.В., Корнієнко С.П., Казначей С.М., Руденко О.В., Толмачов В.Ю.
Узагальнена структура інформаційно-довідкової бази даних ОВТ інформаційної системи супроводження випробувань **66**

Кохан В.В., Рашевський Є.Ю., Скосирєв А.Ю., Лайське Є.В., Лернатович А.М.
Дослідження модернізованого літака Ан-26 дообладнаного контейнерами із засобами захисту від керованих ракет **78**

Кравченко В.С., Руденко О.В., Доманов І.О., Казначей С.М.
Аналіз фішинг-атак. Дослідження методів запобігання та захисту **85**

Макаров С.М., Коломієць В.В., Місценко Р.В., Походенко О.М., Гарнець Д.П.
Шляхи розвитку комплексу бортового радіоелектрпоного обладнання вертольотів типу Ми-8 Повітряних Сил Збройних Сил України **96**

Рагулін В.В., Башинський В.Г., Солодчук М.О., Фомін А.В., Ісаченко О.О.
Обгрунтування необхідності обробки відеоінформації на борту розвідувального БпЛА **105**

Старцев В.В., Третяк В.Ф., Бровко М.Б., Джігірей В.О., Коломійцев О.В.
Підходи щодо підтримки рішення на виконання заходів з відновлення озброєння та військової техніки в системі логістичного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України **116**

Тертишнік Є.М., Шейн І.В., Потапов О.І., Сокоринська Н.В.
Аналіз можливостей використання сучасної універсальної модульної вимірювальної системи серії Quantumx для проведення випробувань озброєння та військової техніки різного функціонального призначення **127**

Трофименко С.І., Геращенко М.М., Рудніченко С.В., Соболєв В.В., Ільєнко В.М.
Універсальна платформа-трансформер евакуації поранених за допомогою безпілотних наземних дистанційно-керованих комплексів **136**

Вимоги до оформлення статті у Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ **142**

Алфавітний покажчик **145**

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
UDC 623.4.018 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.01

Chupryna V.M., Dmytriiev V.A. *State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification*

MODELING THE STRENGTH OF THE REAR SUSPENSION OF THE SPECIALIZED ARMORED VEHICLE "NOVATOR"

The problem of ensuring the strength of the rear suspension of a specialized armored vehicle during tests is considered. To solve it, a method of calculating the suspension for strength at maximum loads was developed and the modeling of the structure on the main modes of operation of the vehicle was performed. Mathematical modeling of the vehicle at maximum loads to determine the critical forces and maximum stresses in the structural element, as well as its analysis for the absence of residual deformations is made. The performed calculations, mathematical and simulation modeling proved that the necessary strength conditions are met for all elements of the suspension at its maximum load in the most severe modes of operation of the vehicle.

Keywords: *armored vehicle, rear suspension, tests, load, strength, calculation, modeling.*

Introduction. Tests play an important role in the lifecycle of modern armament and military equipment. They are an integral part of the technological process of manufacturing and modernization of technical facilities, including military equipment and special equipment.

The purpose of the tests is to determine and evaluate the combat, technical and operational characteristics of the samples of equipment submitted for testing.

The use of simulation in tests is a modern method that allows you to partially transfer real tests to a virtual environment. At the same time, you can significantly expand the number of modeling parameters and set different models of impact on the object. This can significantly reduce the time of testing and reduce the total cost of testing [1].

Tests of a specialized armored vehicle "NOVATOR" were carried out in the State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification. The general view of the vehicle is shown in Figure 1.

During the factory tests when the vehicle climbed the sloping hill at an angle of 30°) there was an accident – damage (destruction) of the longitudinal levers of the rear-wheel drive. The investigation of the accident showed that the strength of the longitudinal rods of the rear axle is insufficient, and the material used does not meet the requirements of technical conditions.

Therefore, the task of increasing the strength of the rear suspension elements has arisen. To solve this problem, it is necessary to calculate the strength and make the necessary changes in the design of the vehicle's rear suspension.

Presenting main material. Note the design features of the rear suspension "NOVATOR". The specialized armored vehicle is assembled on the chassis of a FORD car. However, instead of the standard rear suspension spring suspension is used, without the installation of shock absorbers, which can reduce vehicle's smoothness and reduce its life.

In the design of the rear suspension of the specialized armored vehicle "NOVATOR" a scheme with longitudinal side levers that absorb bending stress is used.

© Chupryna V.M., Dmytriiev V.A., 2022

ISSN 2706-7386

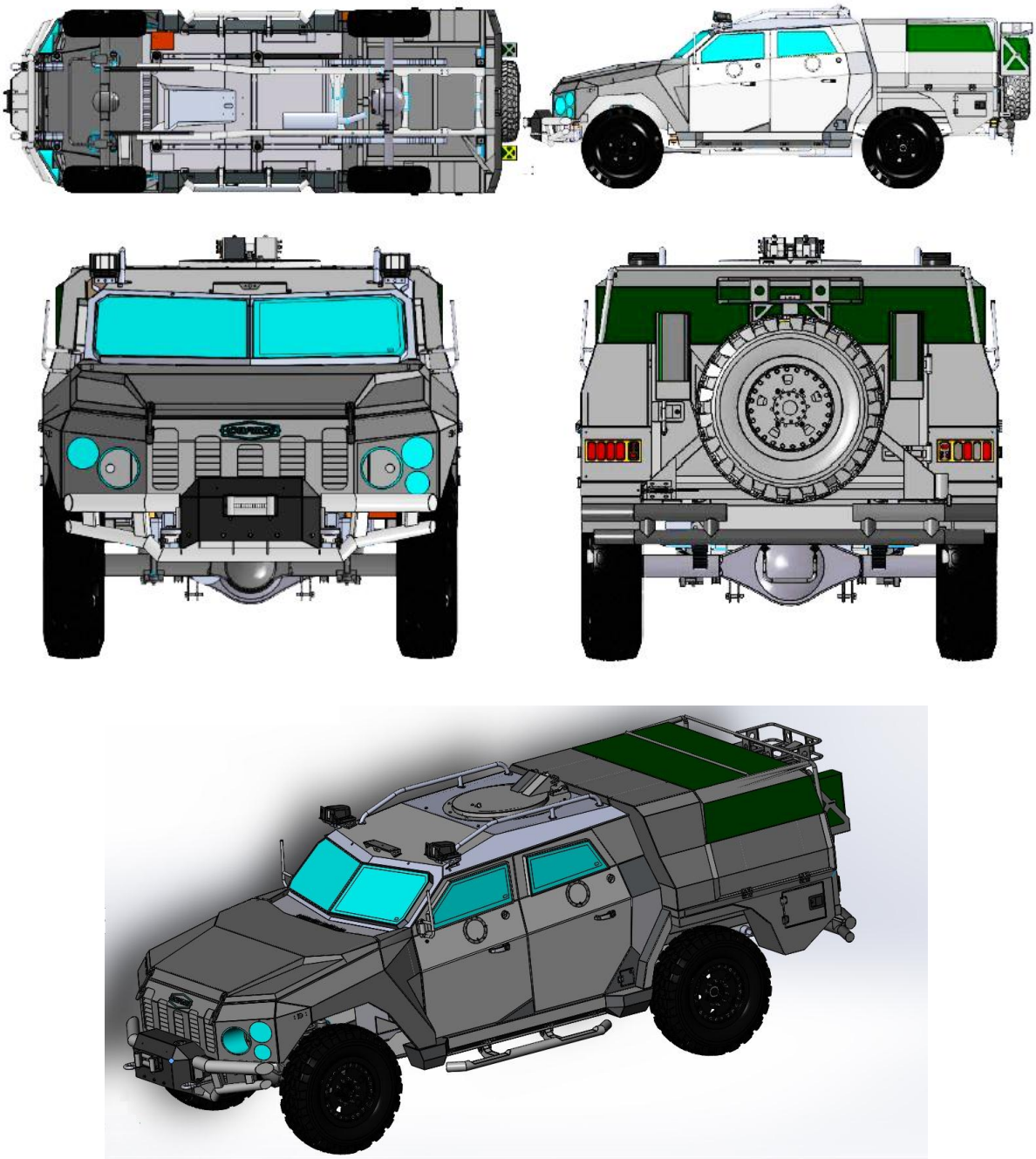


Fig.1. General view of the specialized armored vehicle “NOVATOR”

The amount of bending force for the above structure depends on the amount of traction during the movement of the vehicle and the amount of braking torque realized during braking.

A significant difference of the suspension is the effect of multidirectional vertical travel of the suspension on its guiding properties. This issue is constructively resolved by attaching the rear limb of the longitudinal suspension lever to the drive axle with two silent blocks.

The specialized armored vehicle “NOVATOR” uses a scheme with longitudinal on-board levers that receive different loads from forces and moments, which are due to the values of traction during movement and braking torque during braking.

The general design of the rear suspension is shown in Figure 2.

ISSN 2706-7386

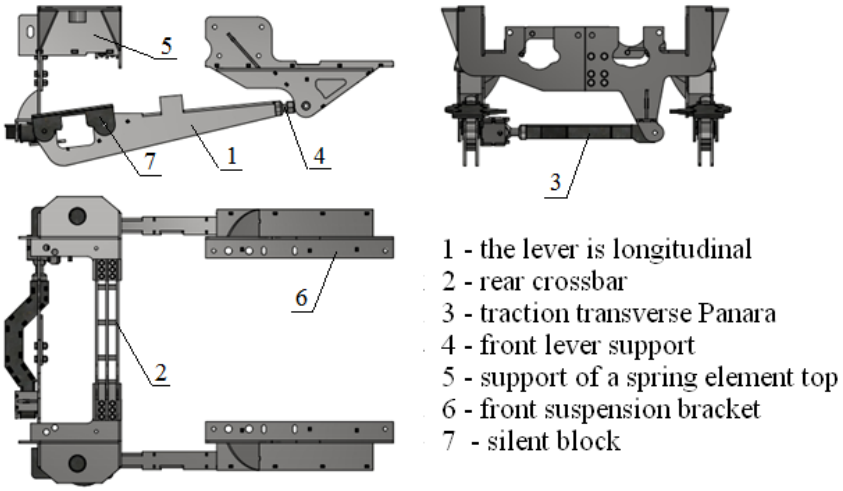


Fig.2. Design of the rear suspension of the specialized armored vehicle "NOVATOR"

The magnitude of the bending force for the above lever design depends on the magnitude of the traction force during the movement of the vehicle and the magnitude of the braking torque realized during braking or climbing up a sloping hill (Figure 3).

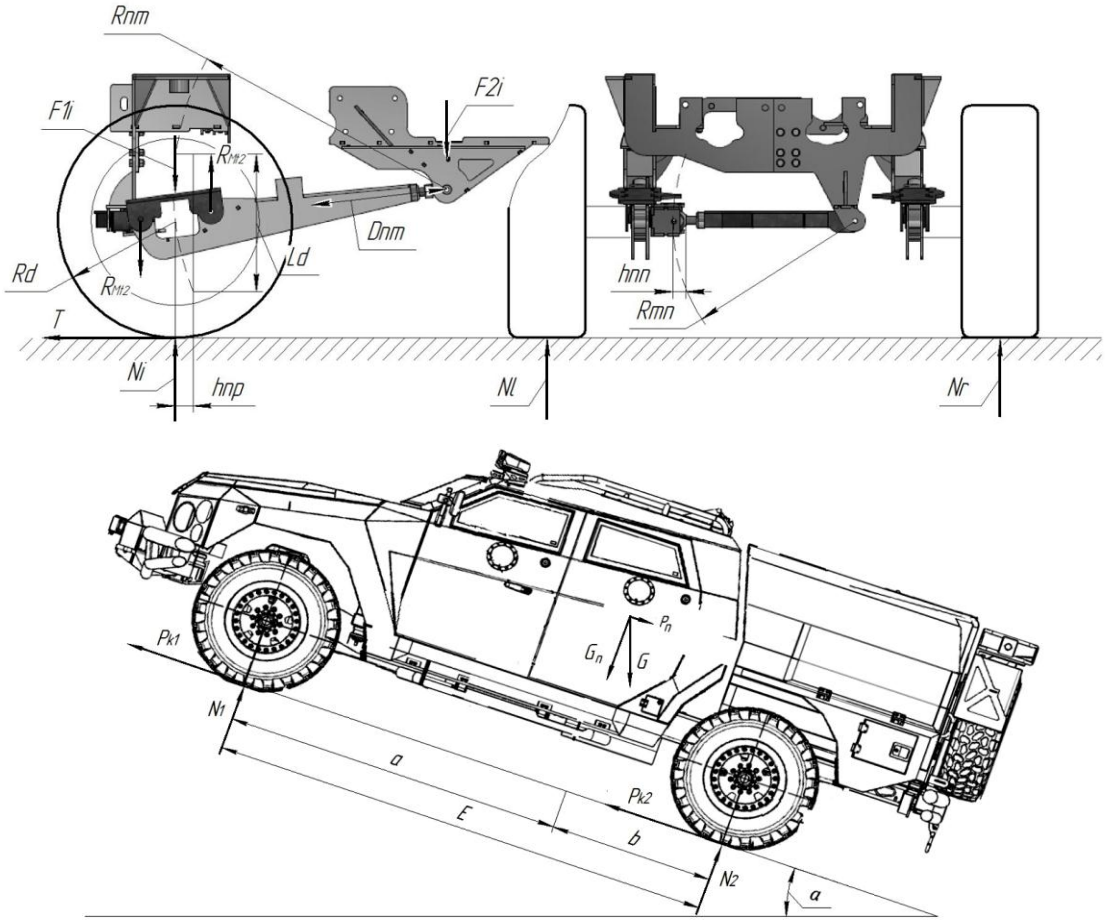


Fig.3. Scheme of forces impacting the specialized armored vehicle during braking and on a sloping hill

The forces and moments impacting the rear suspension of the vehicle "NOVATOR" are calculated in [2]. Let's take them as a basis for calculating the model of the rear suspension for strength.

ISSN 2706-7386

The calculation of the main modes of suspension of the specialized armored vehicle "NOVATOR" showed that the maximum load is taken by the longitudinal levers of the suspension during braking and when climbing up (a sloping hill 30°). They represent the following values:

– during braking, the maximum torque M = 39715.5 Nm ≈ 40000 Nm;

– at the beginning of the movement on a sloping hill with a slope of 30 ° M = 60150.3 Nm ≈ 60000 Nm;

– force impacting the rear suspension (part of the load from the weight of the vehicle) P = 66700N.

Given that the maximum torque is distributed approximately equally on both wheels, it is advisable to accept the following options for applying the load:

– option 1 – P = 66700N (on the suspension);

– option 2 – M = 30,000 Nm (per wheel).

Based on the provided drawings, a detailed continuous 3D model of the rear suspension of the specialized armored vehicle "NOVATOR" in the SolidWorks system was developed [3, 4]. In accordance with the above load modes, the design scheme of the rear suspension of the specialized armored vehicle is made. The general view of the calculation scheme is shown in Figure 4.

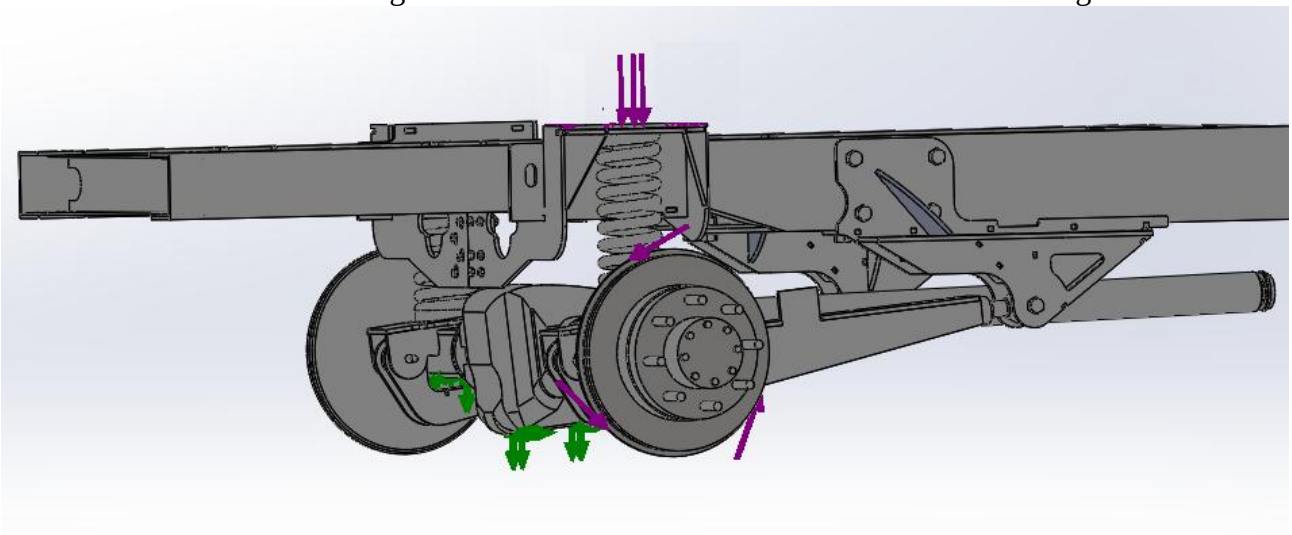


Fig.4. Calculation scheme of the specialized armored vehicle "NOVATOR"

In the 3D model, the rear suspension is mounted on a fragment of the vehicle frame according to the actual design. At the same time exact geometrical models of each detail received from the corresponding drawings are used.

The material and properties of the individual structural elements of the rear suspension were set from the drawings in accordance with the standards. Materials' mechanical properties which are necessary to test for the strength are summarized in Table 1.

Table 1

Mechanical properties of the materials used

№	Name	Permissible stresses, MPa	
		σ_m	$\sigma_в$
1	Steel 10ХСНД GOST 4543-71	410	540
2	Steel 40X GOST 4543-71	1420	1580
3	Spring steel GOST 9398-75	1320	1320
4	Welding wire SW-307Si ISO 14343-A	350	500

ISSN 2706-7386

In the design of the rear suspension of the "NOVATOR" most welded parts are made of steel 10 ХСНД GOST 4543–71. Axles, bolts, nuts and screws are made of 40X steel. Springs are made of spring steel according to ISO 14343–A.

The design of the rear suspension contains both small elements (bolts, washers, nuts, etc.) and large elements (wheels, frames, rods, etc.). Also, many elements are used here with a large number of holes of different sizes, radii and roundings.

To build a finite element network of such a complex assembly model, it is advisable to use a combined network of tetraidal finite elements and sizes that are adapted to the size of the element. This allows you to more accurately describe the properties of structures with different sizes of elements, which include the design of the rear suspension of the specialized armored vehicle "NOVATOR".

At the preparatory stage of the calculation, a heterogeneous finite element network of the rear suspension structure was formed, which contained 6730923 degrees of freedom, 1390942 finite elements and 2249906 nodes (Figure 5).

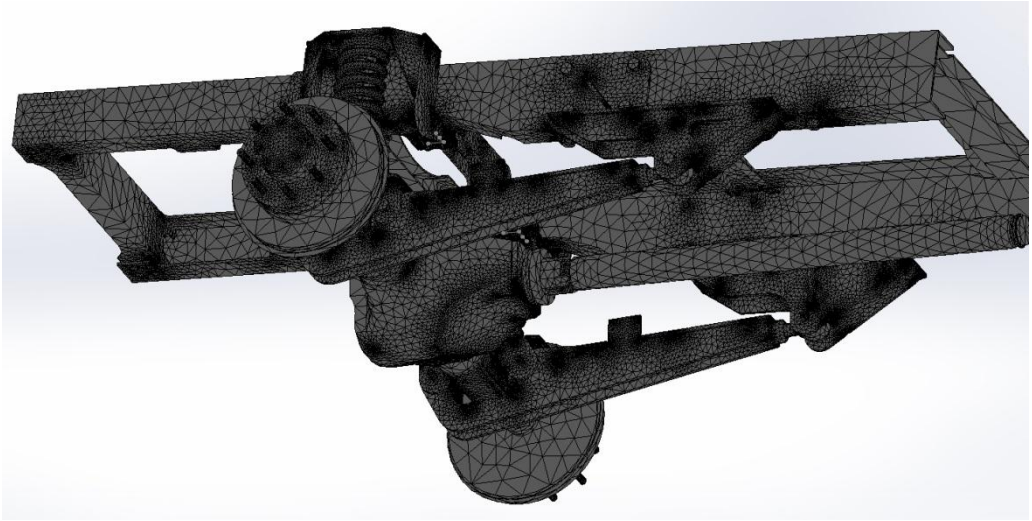


Fig.5. Finite element network of the rear suspension

After construction of finite element network of a rear suspension bracket static calculation of a design on durability was carried out. The protocol for calculating the system of equations of this model is shown in Figure 6.

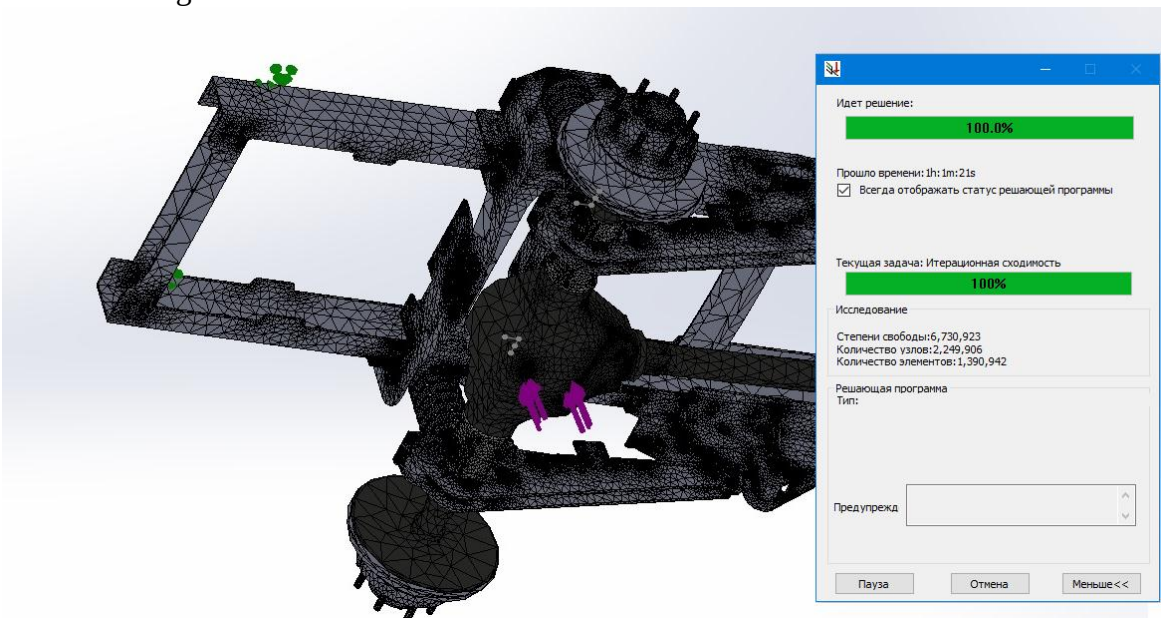


Fig.6. Protocol for calculating the rear suspension model

ISSN 2706-7386

Figure 7 shows the maps of the stress-strain state for different design options of loads.

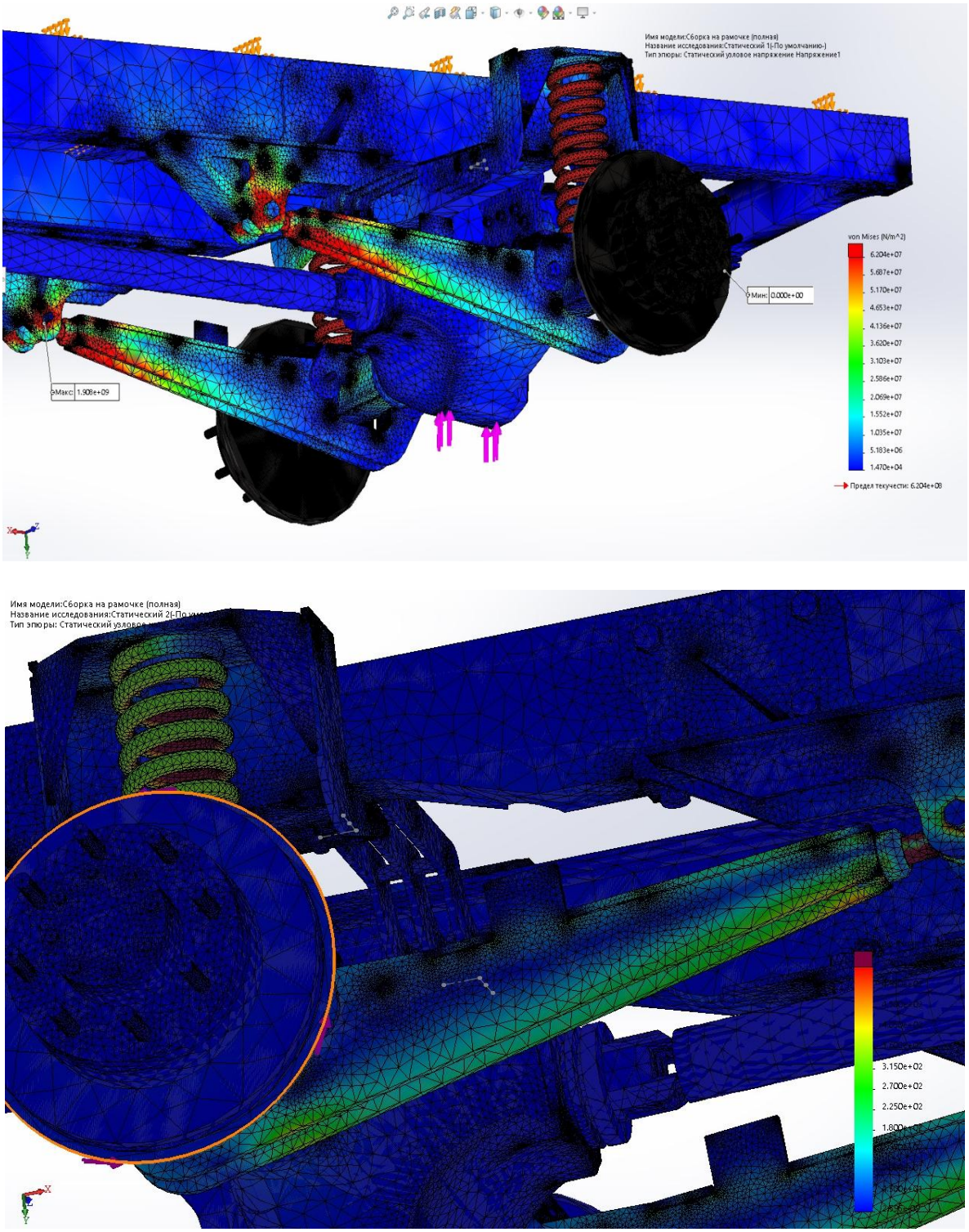


Fig.7. Simulation of the elastically deformed state of the rear suspension

To establish the maximum point stresses, the critical zones of the structure were probed, in which the stress values approach the allowable values. In Figure 8, these areas are marked with footnotes.

ISSN 2706-7386

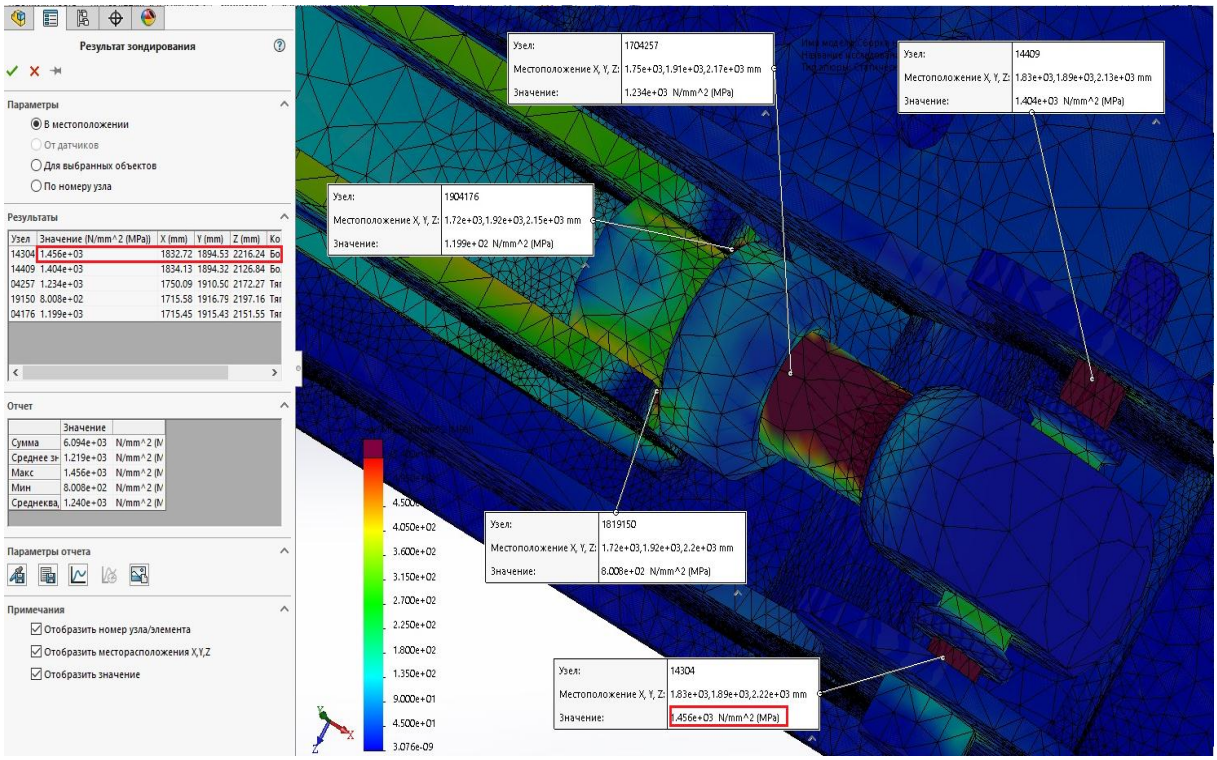


Fig.8. Probing of the rear suspension elements

Figure 9 shows an example of the pattern of deformations (movements) of the structural elements of the rear suspension under the impact of specified loads. The biggest movements here are due to the compression of the suspension springs.

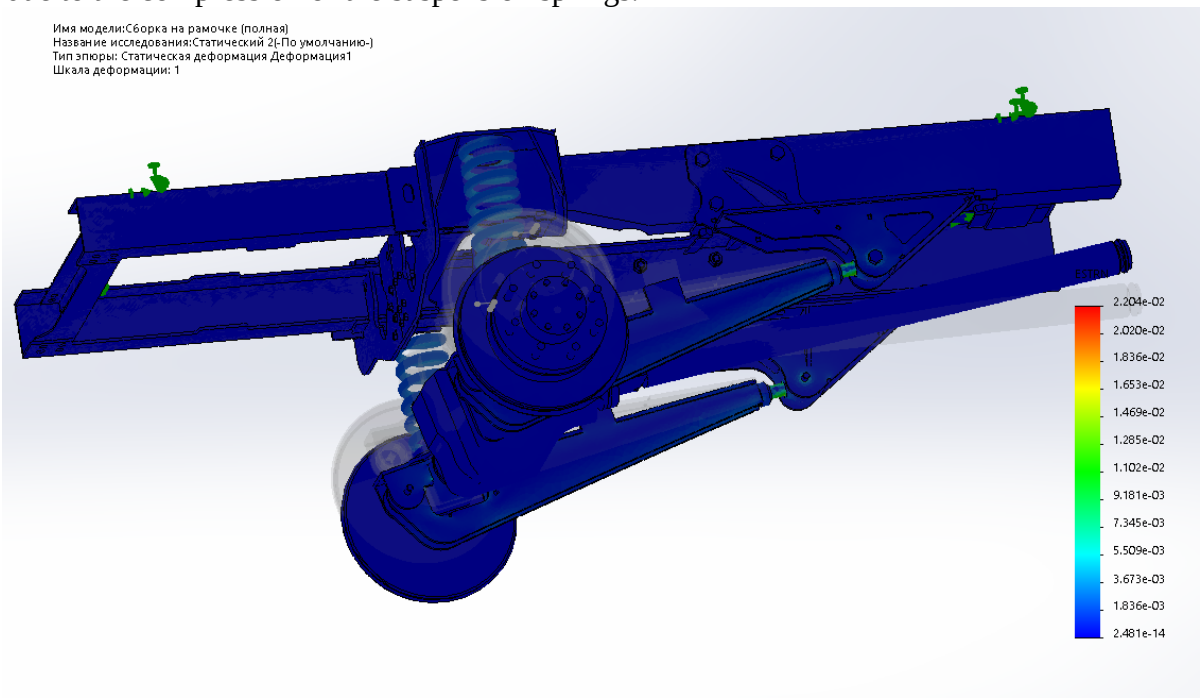


Fig. 9. Plot deformations (displacements) of the rear suspension elements

As a result of calculations of the stress-strain state of the rear suspension, the following is determined:

– in the first variant of loads (force P) stresses in the nodes are not significant, because all the loads are taken by the nodes of the springs;

– the highest stresses in the elements of the rear suspension correspond to the second variant of loads (moment M);

– the maximum stresses that are in the units of traction, working on the bend (the axis of attachment of the lever, screw, lever, axis of the silent blocks), do not exceed the allowable values;

– safety factors of these elements are (1,085–1.2) units.

For example, for the axis of attachment of the lever, the maximum stresses (Fig. 8) are 1456 MPa, which is less than the allowable value (1456 MPa < [1580] MPa). The safety margin is 1580: 1456 = 1,085 units (8.5%). That is, in general, the design of the rear suspension provides the necessary strength. However, the margins for individual elements are small.

To increase the strength and coefficients of safety (as well as the service life of these elements), it is advisable to take design and technological measures to strengthen the design of the rear suspension. For example, increasing the diameter of the lever mounting axis from 18 mm to 22 mm provides a margin of strength of 1.5 units (i.e. 50% instead of 8.5%).

Conclusions and recommendations.

As a result of the calculation of the strength of the rear axle subsystem, it is recommended to increase the wall thickness and replace the material of the longitudinal rods, which provided the necessary strength under the most difficult conditions of vehicle's operation.

Based on the results of simulation modeling of the "NOVATOR" rear suspension at certain maximum loads, it can be stated that the design of the rear suspension as a whole provides sufficient strength. However, the margins for the most loaded structural elements are small.

Recommendations for increasing the strength of the rear suspension are as follows:

– it is expedient to carry out constructive changes of some of the most loaded elements towards their strengthening;

– it is recommended to ensure the value of the coefficients of safety of the structure at the level of not less than 1.5-2 units.

The manufacturer is invited to take into account and implement the recommendations provided in the manufacture of a serial model of the vehicle.

REFERENCES

1. Dmytriyev V.A. Modern Methods of Modelling in Testing and Sertification of Special Technique / V.A. Dmytriyev, V.M. Chupryna, E.K. Chimbanga // Mathematical and simulation modeling of systems. Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference"MODS-2018", June 25-29, 2018, Ukraine, Kyiv – Zhukin. – C. 376–378.

2. Sosik A.Yu. Theoretical estimates of the strength of the elements of the rear spring suspension of a specialized armored vehicle for the transportation of personnel "NOVATOR" / Report on the research. – Zaporozhye, ZNTU, 2018. – 19 c. (in Ukrainian).

3. SolidWorks 2007/2008. Computer modeling in engineering practice / A A Alyamovsky, A A Sobachkin, E V Odintsov, A I Kharitonovich, N B Ponomarev. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2008. – 1040 c. (in Russian).

4. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Fundamentals of calculation of structures for strength in SolidWorks. – M.: DMK Press, 2010. – 784 c. (in Russian).

Чуприна Володимир Михайлович
доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4886-090X
+38068-131-66-06

Volodymyr Chupryna
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4886-090X
+38068-131-66-06

ISSN 2706-7386

Дмитрієв Володимир Анатолійович
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, член-кореспондент Академії технологічних наук України, доктор технічних наук, старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-0792-6397

Volodymyr Dmytriiev
The Laureate of State Prize of Ukraine in sphere of science and technique, Corresponding member of ATS Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Senior Research of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-0792-6397

МОДЕЛЮВАННЯ МІЦНОСТІ ЗАДНЬОЇ ПІДВІСКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО БРОНЬОВАНОГО АВТОМОБІЛЯ “НОВАТОР”

В. Чуприна, В. Дмитрієв

Розглянута проблема забезпечення міцності задньої підвіски спеціалізованого броньованого автомобіля “НОВАТОР”.

При попередніх випробуваннях встановлено, що міцність повздовжніх тяг заднього моста є недостатньою. Для вирішення проблеми забезпечення міцності були внесені конструктивні зміни в конструкцію повздовжніх тяг, які необхідно перевірити при розрахунках міцності задньої підвіски.

Створена тривимірна модель задньої підвіски автомобіля та розроблена методика її розрахунку на міцність за методом скінчених елементів. Проведено імітаційне моделювання конструкції задньої підвіски на основних режимах експлуатації автомобіля. Для визначення максимальних напружень в елементах конструкції виконано математичне моделювання автомобіля при максимальних (критичних) навантаженнях на задню підвіску в режимах гальмування і руху (підйому) на косогорі. При цьому проведений аналіз конструкції, який засвідчив відсутність залишкових деформацій в найбільш навантажених деталях підвіски.

Виконаними розрахунками, математичним та імітаційним моделюванням доведено, що необхідні умови міцності виконуються для усіх елементів задньої підвіски при її максимальному навантаженні в найбільш важких режимах роботи автомобіля. Однак, запаси міцності для окремих елементів конструкції є незначними.

Для підвищення міцності і збільшення коефіцієнтів запасу міцності (а також і ресурсу роботи зазначених елементів) запропоновано виробникам здійснити конструктивно-технологічні заходи з підсилення конструкції задньої підвіски, які доцільно реалізувати при виготовленні серійного зразка автомобіля.

***Ключові слова**: бронеавтомобіль, задня підвіска, випробування, навантаження, міцність, розрахунок, моделювання.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 006.86 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.02

Борщ В.В, Вервейко О.І., Семироз А.О. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Нормативно-правові акти України змінили необхідність застосування у сфері оборони терміна "метрологічне забезпечення" на "забезпечення єдності вимірювань". Однак, ряд нормативних документів передбачають проведення метрологічного забезпечення випробувань виробів озброєння та військової техніки. Забезпечення єдності вимірювань потребує перевірки єдності вимірювань і достовірності контролю. Розглянута обґрунтованість і зрозумілість визначень термінів "єдність вимірювань" і "достовірність контролю" з урахуванням міжнародних метрологічних документів і практики. Відзначено, що більшість країн та міжнародних організацій видозмінили концепцію єдності вимірювань на концепцію демонстрації простежуваності. Запропоновані заходи щодо вдосконалення забезпечення єдності вимірювань.

Ключові слова*: озброєння та військова техніка, випробування, метрологічне забезпечення, єдність вимірювань, достовірність контролю, простежуваність.*

Постановка проблеми. У даний час Україна з метою забезпечення відповідності Збройних Сил найкращим зразкам провідних світових держав та держав-членів НАТО здійснює реформування Збройних Сил, одним з головних завдань якого є "постачання сектору безпеки і оборони нових і модернізації наявних зразків озброєння, військової та спеціальної техніки" [1]. Прийняття на озброєння (постачання) виробів озброєння та військової техніки (ОВТ) і його допуск до експлуатації у Збройних Силах України (прийняття на озброєння (постачання) в особливий період здійснюють за позитивними результатами відповідно державних і визначальних відомчих випробувань, які покликані дати повну та об'єктивну оцінку зразка [2, 3]. Одним із основних видів забезпечення випробувань є метрологічне забезпечення.

Інтенсивні кроки України по інтеграції "в європейський політичний, економічний, безпековий, правовий простір, набуття членства в Європейському Союзі та в Організації Північноатлантичного договору" [1] потребують, зокрема, адаптації великої кількості нормативних документів (НД) та нормативно-правових актів (НПА).

Актуальність дослідження. В 2020 році до НПА [4, 5] у сфері оборони України внесено зміни, які полягають у заміні поняття "метрологічне забезпечення (МлЗ)" на "забезпечення єдності вимірювань (ЗЄВ)". Однак ряд НД, зокрема, [6, 7] передбачають проведення МлЗ випробувань виробів ОВТ. Тому досить актуальним є, зокрема, вивчення комплексу заходів щодо ЗЄВ у міжнародній метрологічній практиці.

Мета статті полягає у аналізі НД і НПА України у сфері метрології та метрологічної діяльності з урахуванням останніх змін та обґрунтування на його основі комплексу заходів щодо ЗЄВ при випробуваннях виробів озброєння та військової техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Стаття [8] вказує на недостатню якість національних стандартів з метрології, гармонізованих з міжнародними і європейськими, які стали б дороговказом на шляху входження України у світовий та європейський простір, а також на необхідність гармонізації значної кількості стандартів із залученням великого загалу фахівців усієї України. Запропоновані: "нормальна" технологія розробки гармонізованих стандартів, на першому етапі якої слід гармонізувати національні стандарти з відповідними міжнародними термінологічними стандартами та/чи розробити (переглянути) власні термінологічні стандарти; рекомендації щодо застосування деяких метрологічних термінів.

© Борщ В.В., Вервейко О.І., Семироз А.О., 2022

В роботі [9] стверджують, що у працях, які присвячені проблемам випробувань, недостатньо розглянуті питання щодо забезпечення єдності їх результатів незалежно від часу та місця їх проведення. Це пояснюється тим, що в практиці проведення випробувань спостерігається ототожнювання таких експериментальних процедур як вимірювання і випробування, які насправді мають суттєві розбіжності. Визначено, обґрунтовано та введено у науковий обіг термін "єдність випробувань" у вигляді: стан, за якого результати випробувань отримані за єдиною (уніфікованою) методикою, представлені у встановленій формі, і показники точності і/чи вірогідності не перевищують задані межі. Створені наукові передумови забезпечення єдності лабораторних випробувань та механізму формування і застосування нормативної бази. Однак в стандартах України термін "єдність випробувань" до теперішнього часу не застосовують.

У статті [10] розглядають метрологічне забезпечення єдності вимірювань в Україні, яке є важливою, клопіткою і повсякденною роботою. Показано, що єдність вимірювань значною мірою залежать від засобів вимірювань (їх стану, класу точності), методів вимірювань, зовнішніх чинників, фізіологічного стану спостерігача та багато інших факторів. Розглянуті основні НД і НПА щодо ЗЄВ.

У семи документах "Огляд міжнародної метрології" [11], котрі розроблені Державним підприємством Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів, наведені результати аналізу метрологічних систем Європейських і деяких пострадянських країн і наукові статті, які можуть стати важливою основою для розробки національних документів у процесі гармонізації національної нормативно-правової бази функціонування метрологічної системи за міжнародними нормами та практикою, а також співвідношення основних понять метрології у національних та міжнародних документах. У цих документах можна виділити деякі твердження по темі даної статті: "більшість країн та міжнародних організацій видозмінили концепцію єдності вимірювань на концепцію демонстрації простежуваності, яка базується на концепції та відповідних процедурах калібрування", відсутні терміни "єдність вимірювань" у міжнародних словниках з метрології, а термін "достовірність" у національних та міжнародних документах у сфері метрології та метрологічної діяльності.

Питання достовірності результатів допускового контролю розглянуто у статті [12]. Виділені дві складових допускового контролю – методична та інструментальна; визначені показники і методики оцінки якості результатів допускового контролю технічних об'єктів; розроблена модель процесу здійснення допускового контролю; показано, що для оцінки якості допускового контролю повинні використовуватися апріорні чи апостеріорні характеристики достовірності контролю. Для випробувань виробів ОВТ по розробленій методиці повинна бути розроблена нормативна документація.

Виклад основного матеріалу.

Закон [4] установлює, що метою метрологічної діяльності в Україні є "забезпечення єдності вимірювань та простежуваності", а "забезпечення єдності вимірювань у сфері оборони України здійснюється з урахуванням особливостей, визначених Кабінетом Міністрів України". Постанова [5] регламентує одну із особливостей забезпечення єдності вимірювань у сфері оборони України як "досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювання військового призначення", причому ця мета залишилася такою ж як і в раніше діючій постанові, що регламентувала особливості МлЗ.

В даний час визначення терміну "метрологічне забезпечення" в Україні регламентовано в трьох нормативних документах і нормативно-правових актах: в стандартах [13, 6], які введені в дію ще в дев'яностих роках, та у Наказі міністра оборони України [7]:

встановлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань;

ISSN 2706-7386

встановлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності, потрібної точності вимірів і підвищення достовірності контролю параметрів (характеристик) виробів ОВТ з метою досягнення їхньої високої бойової готовності та ефективності застосування;

комплекс заходів, спрямованих на досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювання військового призначення.

Слід зазначити, що:

у визначення терміну "метрологічне забезпечення" для озброєння та військової техніки в порівнянні з базовим терміном [14] додана нова задача: "досягнення… достовірності контролю параметрів";

суть всіх визначень "метрологічне забезпечення" для озброєння та військової техніки однакова, але визначення терміну "метрологічне забезпечення" у наказі Міністра оборони України № 288 викладено більш коректно та зрозуміло;

МлЗ виробів ОВТ направлено на вирішення двох завдань – досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів;

визначення термінів "метрологічне забезпечення" та "забезпечення єдності вимірювань" по своїй суті співпадають і оскільки нормативна документація по ЗЄВ відсутня, то необхідно враховувати нормативну документацію по МлЗ.

В Україні питання МлЗ випробувань виробів ОВТ висвітлені у військовому стандарті [34] та частково в деяких стандартах системи розроблення та поставлення продукції на виробництво, НД і НПА Міністерства оборони України.

МлЗ випробувань виробів ОВТ являє собою складову частину МлЗ виробів ОВТ, що здійснюється відповідно до [6, 7].

Конкретизуємо термін "метрологічне забезпечення випробувань" виробів ОВТ з урахуванням визначень терміну "випробування" по [15] – "експериментальне визначення кількісних і (або) якісних характеристик властивостей об'єкта, як наслідок дії на нього під час функціонування та при моделюванні об'єкта і (або) дій на нього" у вигляді: комплекс заходів, спрямованих на досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів та характеристик об'єктів вимірювання військового призначення, режимів їх функціонування, а також параметрів і характеристик факторів впливу і інших умов випробувань.

З аналізу визначень термінів "метрологічне забезпечення ОВТ" та "метрологічне забезпечення випробувань виробів ОВТ" випливає:

обидва види забезпечення спрямовані на досягнення єдності та достовірності контролю параметрів та характеристик;

при МлЗ випробувань ОВТ додатково вирішується завдання відтворення і підтримки з необхідною точністю заданих умов випробувань (факторів впливу), а також визначення параметрів і характеристик режимів функціонування ОВТ.

У НД України приділяється недостатньо уваги вирішенню завдання відтворення і підтримки умов випробувань.

НД України щодо метрологічної експертизи виробів ОВТ та документації на них частково враховує особливості МлЗ випробувань виробів ОВТ. Зокрема серед основних завдань метрологічної експертизи зазначено:

оцінка можливості вимірювання встановлених параметрів виробу ОВТ у процесі його випробувань… за допомогою заданих засобів вимірювання і вимірювального контролю;

встановлення техніко-економічної доцільності розробки й застосування спеціальних засобів вимірювання для випробувань і експлуатації виробу ОВТ;

оцінка впливу зовнішніх факторів за різних режимів роботи зразка на точність вимірювань параметрів при приймальних (державних, міжвідомчих) випробуваннях дослідного зразка [16].

ISSN 2706-7386

В Україні МлЗ спрямоване на досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів. У більшості зарубіжних країн, за винятком пострадянських країн, термін метрологічне забезпечення в нормативній документації не застосовують. Тому для пострадянських країн, особливо для України, через її інтенсивні кроки по інтеграції в світові та європейські структури, вельми актуально, зокрема, застосування єдиних, визнаних на міжнародному рівні термінів в галузі метрології для забезпечення адекватного підходу до розуміння та оцінки якості результатів калібрувань, вимірювань і випробувань, а також їх взаємного визнання.

Єдність вимірювань згідно з [4] – стан вимірювань, за якого їх результати виражаються в одиницях вимірювання, визначених Законом України "Про метрологію та метрологічну діяльність", а характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі з певною ймовірністю і не виходять за встановлені границі.

Аналіз визначення терміну "єдність вимірювань" дозволив виділити наступні особливості.

Обґрунтованість та необхідність вимог щодо визначення результатів в одиницях SI не викликає сумнів. Міжнародна система одиниць (Système International d'Unités (SI)) на сьогодні офіційно затверджена основною або єдиною системою одиниць у всіх країнах світу за винятком трьох країн. У міжнародних відносинах для забезпечення вільного доступу товарів на міжнародний ринок, а також для усунення нетарифних бар'єрів у торгівлі та промисловості використовують виключно систему одиниць SI [17]. Міжнародні словники з метрології VIM і VIML розглядають тільки систему SI, а VIML особливо вказує, що узаконеними одиницями можуть бути "одиниці Міжнародної системи SI; їх десяткові кратні і частинні значення, позначені відповідними приставками SI; одиниці, що не входять в SI, встановлені відповідними регламентуючими документами" [18]. В Україні зазначена рекомендація стала обов'язковою згідно з наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України [19].

Міжнародна організація зі стандартизації (International Organization for Standardization (ISO)) і Міжнародна електротехнічна комісія (International Electrotechnical Commission (IEC)) на основі Міжнародної системи величин (The International System of Quantities (ISQ)) і Міжнародної системи одиниць (The International System of Units (SI)) розробили 14 стандартів серії 80000 (Quantities and units), які в Україні введені в дію с 01.01.2018 методом підтвердження (ДСТУ ISO/IEC 800000. Величини та одиниці)) [20]. Стандарти серії 80000 регламентують одиниці фізичних величин, їхні назви, позначення, правила застосування, а також символи та математичні знаки, що використовують у природничих та технічних сферах.

Згідно з [4] необхідно визначати "характеристики похибок або невизначеності вимірювань", що не дозволяє враховувати останні зміни в сфері метрології та метрологічної діяльності в частині зміни або додавання нових показників точності. В даний час до показників точності, зазвичай, відносять: невизначеність, характеристики похибки, показники правильності і прецизійності. Показники точності (правильність і прецизійність) регламентовані серією стандартів ДСТУ ГОСТ ISO 5725 "Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання" (6 частин), які введені в дію ще в 2005 році [21]. Вони поширюються на методи вимірювань безперервних величин, що дають в якості результату вимірів єдине значення, і призначені, в основному, для оцінки точності виконання вимірювань складу і властивостей дуже широкої номенклатури матеріалів. Правильність визначає ступінь близькості результату вимірювань до істинного або умовно істинного (дійсного) значення вимірюваної величини або в разі відсутності еталона вимірюваної величини – ступінь близькості середнього значення, отриманого на підставі великої серії результатів вимірювань (або результатів випробувань) до прийнятого опорного значення. Показником правильності зазвичай є значення систематичної похибки. Прецизійність визначає ступінь близькості один до одного незалежних результатів

вимірювань, отриманих в конкретних встановлених умовах. Ця характеристика залежить тільки від випадкових факторів і не пов'язана з істинним або умовно істинним значенням вимірюваної величини.

В Україні відсутні публікації з практики впровадження та застосування стандартів ДСТУ ISO 5725, хоча в деяких публікаціях у сфері метрології відзначено, що ці стандарти "значно полегшують роботи з оцінки точності результатів при лабораторних вимірах і акредитації лабораторій за ДСТУ ISO 17025" [22]. Національне агентство з акредитації України, Державне підприємство "УкрНДНЦ", Державне підприємство "Укрметртестстандарт", а також регіональні центри стандартизації, метрології та сертифікації стандарти ДСТУ ISO 5725 у своїй роботі широко не застосовують, що випливає з результату аналізу інформації на їх сайтах. Однак постійна зміна стандартів ISO 5725 (остання версія однієї з частин введена в дію в 2020 році) і прагнення України до інтеграції в світові та Європейські структури вимагає, на думку авторів, більш пильної уваги до впровадження та широкого практичного застосування стандартів ДСТУ ГОСТ 5725.

Термін "єдність вимірювань" у міжнародних словниках в сфері метрології VIM і VIML, а також у зарубіжних стандартах, відсутній [23, 18, 24].

Аналіз і узагальнення текстів зарубіжних стандартів [25, 26], а також семи публікацій "Огляд міжнародної метрології", які представляють собою збірники наукових статей, нормативних та методичних документів з метрології міжнародних організацій та національних метрологічних інститутів в перекладі з мови оригіналу і видані ДП "Укрметртестстандарт", дозволили зробити висновок, що в даний час у більшості провідних країн світу термін "єдність вимірювань" виконав свою функцію і на сьогодні втратив актуальність. Більшість країн та міжнародних організацій видозмінили концепцію єдності вимірювань на концепцію демонстрації простежуваності, так, зокрема, міжнародний словник із законодавчої метрології VIML вказує, що одним з основних завдань законодавчої метрології є "забезпечення необхідної інфраструктури для реалізації простежуваності законодавчо контрольованих вимірювань і засобів вимірювальної техніки до Міжнародної системи SI або національних стандартів" [18].

Концепція простежуваності базується на відповідних процедурах калібрування та є важливою, оскільки робить можливим порівняння показників точності вимірювань по всьому світу згідно з стандартизованою процедурою [11].

У даний час в Україні під час проведення випробувань виробів ОВТ застосовують концепцію єдності вимірювань з елементами концепції простежуваності вимірювань, що підтверджується, зокрема, вимогами ДСТУ ISO 10012 та ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 "забезпечувати простежуваність усіх результатів вимірювань до еталонів одиниць SI" та "забезпечити простежуваність результатів вимірювань до Міжнародної системи одиниць" відповідно [27, 28].

Таким чином, застосування у традиційному сенсі в Україні терміну "єдність вимірювання" на сьогодні викликає сумнів, оскільки більшість країн застосовує термін "метрологічна простежуваність". Однак зміна концепції єдності вимірювань на концепцію простежуваності вимірювань може бути вирішена тільки на законодавчому рівні.

Аналіз визначень термінів "метрологічне забезпечення" та "забезпечення єдності вимірювань", які застосовують у сфері оборони України, показав, що вони направлені і на досягнення достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювання військового призначення. Тому, слід уточнити термін "достовірність" і його варіанти.

Згідно з [29], у багатьох галузях знань, достовірність інформації – властивість інформації, бути правильно сприйнятою, ймовірність відсутності помилок, безсумнівна вірність наведених відомостей, які сприймає людина.

Достовірність вимірювальної інформації [30] визначає як властивість вимірювальної інформації бути правильно сприйнятою і однозначно інтерпретованою для прийняття

управлінських рішень.

За нормативною документацією [31] достовірність контролю – ступінь об'єктивної відповідності результату контролю дійсному технічному стану об'єкта.

Особливо розглянемо термін "достовірність контролю параметрів". Згідно з НД "технічний контроль – перевірка відповідності об'єкта встановленим технічним вимогам" [15]. Відрізняють 21 вид контролю, з яких в метрології найбільш часто застосовують вимірювальний контроль, що проводять з використанням засобів вимірювання. Необхідною умовою вимірювального контролю є наявність у технічній документації на об'єкт допустимих значень контрольованих параметрів або допустимих відхилень параметрів від їх номінальних значень [32].

З інформаційної сутності процедури вимірювання та контролю містять загальну операцію – отримання вимірювальної інформації, але відрізняються за кінцевим результатом. При вимірюванні мають на меті знаходження значення величини, а результатом контролю є логічний висновок (судження типу "придатний – не придатний", "брак – норма"), що отримується на основі вимірювальної інформації.

Окремим випадком вимірювального контролю є допусковий контроль, що встановлює факт знаходження дійсного значення параметра відносно його гранично допустимих значень без вимірювання дійсного значення параметра [15].

Вимоги до показників достовірності контролю встановлюють, ґрунтуючись на необхідності виключити або знизити до допустимого рівня ризик прийняття неправильного рішення про стан об'єкта контролю. Результат контролю супроводжують зазначенням показників достовірності контролю, а також номінальних значень параметрів умов контролю і характеристик похибки завдання цих параметрів (або статистичних оцінок характеристик), або посиланням на документ, де вони вказані.

У НД України термін "достовірність контролю" і способи визначення його показників регламентовані тільки в документі МИ 1317, статус якого не визначений. Однак МИ 1317 застосований в бібліографії ГОСТ 8.010, термін дії якого в Україні поки не обмежений. В цьому документі розглядають дві групи показників достовірності контролю [33].

Першу групу показників регламентують в методиках вимірювального контролю, які передбачають фіксацію тільки результату контролю ("придатний" – "не придатний") в пристроях допускового контролю, а саме:

найбільша імовірність помилкового визнання придатним будь-якого насправді дефектного зразка;

найбільша середня для сукупності зразків (або найбільша для окремого зразка) імовірність помилкового віднесення до дефектних насправді придатних зразків;

найбільше відхилення контрольованого параметра від номінального значення у зразків, помилково визнаних придатними.

У методиках вимірювального контролю, які передбачають фіксацію результатів вимірювань контрольованого параметра зразка, регламентують другу групу показників. Це:

імовірність неправильності судження про придатність зразка, визнаного за результатами контролю придатним;

імовірність неправильності судження про дефектність зразка, визнаного за результатами контролю дефектним [33].

Наказ міністра оборони України № 288 одне з завдань метрологічного забезпечення у МО України та ЗС України, встановлює як "організація і виконання комплексу заходів, спрямованих на забезпечення єдності вимірювань… та достовірності вимірювань". У публікаціях також широко застосовують терміни "достовірність результатів", "достовірність результатів вимірювань", однак визначення терміну "достовірність" відсутнє. На головному форумі метрологів відзначається широке використання терміну "достовірність", проте офіційне визначення відсутнє, тому термінологічність цього виразу є сумнівною.

В міжнародному словнику з метрології VIM вказується що "достовірність результатів вимірювань значною мірою залежить від метрологічних властивостей приладу, що підтверджується його калібруванням" [23].

У стандарті ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 "Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій" наведено комплекс заходів щодо забезпечення достовірності результатів, деякі з яких потрібно включати, де це доречно, в МлЗ випробувань виробів ОВТ:

використання альтернативного обладнання, яке повинно бути відкаліброване для забезпечення простежуваності результатів;

перевірку(-и) функціонування вимірювального та випробувального обладнання;

проміжні перевірки вимірювального обладнання;

дублювання випробування або калібрування за допомогою тих самих або інших методів;

повторне випробування або калібрування зразків, що зберігаються.

Визначення терміну "достовірність" в законі України "Про метрологію та метрологічну діяльність", стандартах провідних країн світу і в міжнародних словниках з метрології VIM і VIML [24, 23, 18]. В Україні МИ 1317, яка призначена для застосування при розробці, виробництві і експлуатації різних видів продукції, регламентує різні показники достовірності контролю, причому визначення цих показників трудомісткі і складні для розуміння і застосування. Тому, доцільно спеціально для випробувань виробів ОВТ розробити просту для розуміння і застосування методику визначення достовірності контролю. Надалі доцільно розглянути можливість застосування міжнародно-визнаного показника достовірність результату. Для забезпечення достовірності результату розроблений комплекс заходів, який, зокрема, наведений у ДСТУ ISO/IEC 17025.

Висновки. Для забезпечення єдності вимірювань під час випробувань виробів ОВТ слід додатково вирішувати завдання відтворення і підтримки з необхідною точністю заданих умов випробувань, а також визначення параметрів і характеристик режимів функціонування ОВТ; визначення термінів "забезпечення єдності вимірювань" та "достовірність контролю параметрів" відсутні в стандартах провідних країн світу і в міжнародних словниках по метрології VIM і VIML; необхідна гармонізація метрологічних термінів в Україні з міжнародними; слід розробити просту для розуміння і застосування методику визначення достовірності контролю параметрів при випробуваннях виробів ОВТ; більшість країн та міжнародних організацій видозмінили концепцію єдності вимірювань на концепцію демонстрації простежуваності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про національну безпеку України: закон України від 21 червня 2018 №2469-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2018. – № 31. – С. 241. – 35 с.

2. Порядок розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 20 лютого 2013 року № 120. – 7 с.

3. Тимчасова інструкція з організації та проведення визначальних відомчих випробувань озброєння та військової техніки // Наказ заступника Міністра оборони України від 03 квітня 2019 року – 15 с. – (Накази Міністерства оборони України).

4. Про метрологію та метрологічну діяльність: закон України від 05 червня 2014 № 1314-VIII. – Київ: Відомості Верховної Ради України, 2014. – Вип. № 30. – С. 1008. – 18 с.

5. Особливості метрологічного забезпечення діяльності у сфері оборони України: Постанова кабінету міністрів України від 23 грудня 2015 року № 1152. – 1 с. – (Постанови Кабінету Міністрів України).

6. Державна система стандартизації військової техніки. Метрологічне забезпечення озброєння та військової техніки. Основні положення: ДСТУ В 1.2–95. – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 39 с. – (Державний стандарт України).

7. Положення про метрологічну службу Міністерства оборони України та Збройних Сил України: наказ міністра оборони України від 24 квітня 2017 року № 288. – 13 с. – (Накази Міністерства оборони України).

8. Гінзбург М. Ще раз про мовно-термінологічні проблеми гармонізації нормативних документів // Метрологія та прилади. – 2007. – № 4. – С. 59–64.

9. Кошева Л.О. Концептуальні основи забезпечення єдності лабораторних випробувань: автореф. дис. докт. техн. наук : 05.01.02: захищена 25.06.2010 / Лариса Олександрівна Кошева. – Львів, 2010. – 39 с.

10. Лапченко Ю.С. Метрологічне забезпечення єдності вимірювань. Основні завдання метрологічного забезпечення / Ю.С. Лапченко, В.Є. Караченцев // Перспективні технології та прилади. – Луцьк, ЛНТУ, 2015. – Вип. № 7. – С. 59–63.

11. Огляд міжнародної метрології. 7 частин / Держспоживстандарт України. Укрметртестстандарт. – К.: ТОВ АВЕГА, 2006–2011.

12. Щепотьєв О.І. Інструментальна достовірність результатів допускового контролю / О.І. Щепотьєв, А.В. Жильцов, В.В. Васюк // Збірник наукових праць НУБІП України. Серія: Техніка та енергетика. – К.: НУБІП, 2013. – Вип. № 184. – С. 207–212.

13. Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681–94. – [Чинний від 1994-08-26]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с. – (Державна система забезпечення єдності вимірювань).

14. Государственная система стандартизации. Метрологическое обеспечение. Основные положення: ГОСТ 1.25–76. – [Введ. 1977-07-01; отменен 1994-09-01] .– М.: Издательство стандартов, 1976. – 18 с.

15. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення: ДСТУ 3021–95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 70 с. – (Державний стандарт України).

16. Метрологія. Метрологічна експертиза зразків і комплексів озброєння і військової техніки. Організація та порядок проведення: ДСТУ В 3263–95. – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 26 с. – (Державний стандарт України).

17. Володарський Є.Т. Понятійно-термінологічні аспекти сучасної метрології / Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева // Український метрологічний журнал, 2012. – № 1. – С. 3–10.

18. OIML V1:2013. International vocabulary of terms in legal metrology (VIML) // edition (E/F). – OIML. – 2013. – 57 с.

19. Про затвердження визначень основних одиниць SI, назв та визначень похідних одиниць SI, десяткових кратних і частинних від одиниць SI, дозволених позасистемних одиниць, а також їх позначень та Правил застосування одиниць вимірювання і написання назв та позначень одиниць вимірювання і символів величин: наказ міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 04 серпня 2015 року № 914. – 12 с.

20. Величини та одиниці. 14 частин: ДСТУ ISO 80000–1:2016. – [Чинний від 2018-01-01]. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2018. – (Державний стандарт України).

21. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання: ДСТУ ГОСТ ИСО 5725:2005. 6 частин. – [Чинний від 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – (Державний стандарт України).

22. Гринев Б.В. Контроль и обеспечение качества результатов измерений испытательной лаборатории на примере измерения светового выхода сцинтилляторов / Б.В. Гринев, Н.Р. Гурджян, О.В. Зеленская, В.Р. Любинский, Н.И. Молчанова, В.А. Тарасов // Системи обробки інформації. – 2014. – Вип. № 3(119). – С. 90–95.

23. JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) // 3rd edition. – ISO.– 2012. – 108 с.

24. Аркушенко П.Л. Визначення особливостей стандартів США щодо метрологічного забезпечення випробувань озброєння та військової техніки / П.Л. Аркушенко, О.І. Вервейко, М.Ю. Яковлев, О.П. Флорин // Збірник наукових праць. Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2019. – Вип. № 5(57). – С. 7–11. – DOI: 10.26906/SUNZ.2019.5.007.

25. Department of defense. Standard practice. Calibration and measurement requirements: MIL–STD–1839D. – [Чинний від 2010-12-06]. – USA: DoD, 2010. – 12 с.

26. Department of defense. Test method standard. Environmental engineering considerations and laboratory tests: MIL–STD–810D. – [Чинний від 2014-15-05]. – USA: DoD, 2010. – 12 с.

27. Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання: ДСТУ ISO 10012:2005. – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 27 с. – (Національний стандарт України).

28. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій: ДСТУ ISO/IEC 17025:2017. – [Чинний від 2018-01-01]. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2018. – 40 с. – (Державний стандарт України).

29. Філософський енциклопедичний словник; гол. ред. В.І. Шинкарук. – Київ: Інститут філософії ім. Григорія Сковороди НАН України, 2002. – 742 с.

30. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Основные положения: ГОСТ Р 8.820–2013. – [Введ. 2015-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.

31. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення: ДСТУ 2389–94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 26 с. – (Державний стандарт України).

32. Герасимов С.В. Розробка та дослідження методу розрахунку достовірності вимірювального контролю параметрів радіотехнічних систем морського транспорту / С.В. Герасимов, Ю.Є. Шапран, В.В. Кірвас // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – Вип. № 4(52). – С. 5–10.

33. МИ 1317–2004. Рекомендация. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров. – М.: ФГУП ВНИИМС. – 2004. – 22 с.

34. Забезпечення єдності вимірювань. Організація метрологічного забезпечення випробувань дослідних зразків виробів озброєння та військової техніки. Основні положення: ВСТ 01.210.032–2021. – [Чинний від 2021-03-01]. – К.: Управління стандартизації, кодифікації та каталогізації, 2021. – 34 с. – (Військовий стандарт).

Борщ Вячеслав Вікторович
провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-8851-4553
0462-67-94-29

Вервейко Олександр Іванович
кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння, та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-7951-2169
0462-67-94-29

Vyacheslav Borshch
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-8851-4553
0462-67-94-29

Alexander Verveyko
Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-7951-2169
0462-67-94-29

ISSN 2706-7386

Семироз Андрій Олегович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3249-639X
0462-67-94-29

Andrii Semiroz
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3249-639X
0462-67-94-29

SOME ASPECTS OF SUPPORT OF THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS IN THE COURSE OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT TESTING

V Borshch, A Verveiko and A Semiroz

Normative legal acts of Ukraine have changed in the field of defense the need to use the term "metrological support" to "support of the uniformity of measurements". However, a number of normative documents envisage the metrological support of armament and military equipment. The comparative analysis of set of measures which are stipulated by metrological support and support of the uniformity of measurements is carried out and their identity in essence is shown.

The support of the uniformity of measurements requires checking the uniformity of measurements and the reliability of control.

The substantiation and clarity of the definitions of the terms "uniformity of measurements" and "reliability of control" taking into account international and national metrological documents and practice are considered. The substantiation of the term definition "uniformity of measurement", according to the authors, is questionable. The international system of SI units is now officially approved as the basic or the only system of units in all but three countries, and when using national units, they must have unambiguous connection with the system of SI units; not all indicators of accuracy are specified, in particular, correctness and precision according to DSTU GOST ISO 5725.

The term "reliability" and its derivates are considered. The term "reliability of control" and methods of determining its indicators are regulated only in the document Mi 1317. At the same time, these methods are time-consuming and difficult to understand and use. It is noted that most countries and international organizations have changed the concept of uniformity of measurement to the concept of traceability, and the terms "uniformity of measurement" and "reliability of control" are absent in the standards of advanced countries and in international dictionaries of metrology.

Measures are proposed at the legislative level and at the level of development of normative documentation to improve the uniformity of measurements.

Keywords: *armament and military equipment, tests, metrological support, uniformity of measurements, reliability of control, traceability.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 697.92 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.03

Борта Р.М., Коцюруба В.І. *Національний університет оборони України імені Івана Черняховського*
Ветошкін О.Г., Єрмоленко О.В. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЛЬТРУВАННЯ ПОВІТРЯ У МОБІЛЬНИХ ПРИМІЩЕННЯХ В УМОВАХ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ ПРОТИВНИКА

Сучасна військова техніка має систему фільтровентиляції, від якої залежить життя особового складу під час потрапляння техніки як у хмару зараженого повітря бойовими токсичними та хімічними речовинами, бактеріологічними аерозолями, так і небезпечними хімічними речовинами, що використовуються в народному господарстві.

Система фільтровентиляції очищає атмосферне повітря від хімічних, біологічних, радіологічних агентів та подає його в об'єкти колективного захисту з метою вентиляцій приміщень, забезпечення повітрям особового складу в них, а також створення надлишкового тиску, який перешкоджає проникненню зовнішнього зараженого повітря через нещільності в огороджуючих конструкціях об'єктів.

У статті наведено удосконалену математичну модель функціонування фільтровентиляційних установок у мобільних приміщеннях в умовах вогневого ураження противника. На відміну від існуючих, враховує динаміку зміни сумарної площі нещільностей мобільних приміщень залежно від інтенсивності вогневого ураження та часу їх перебування під обстрілом. Висвітлено результати дослідження залежності динаміки зміни сумарної площі нещільностей мобільних приміщень залежно від інтенсивності вогневого ураження та часу перебування під обстрілом.

Удосконалена математична модель функціонування фільтровентиляційних установок у мобільних приміщеннях, на відміну від існуючих, враховує динаміку зміни сумарної площі нещільностей мобільних приміщень залежно від інтенсивності вогневого ураження. При цьому запропонована модель дозволяє отримати значення показників безпечного перебування особового складу у мобільних приміщеннях та потрібної продуктивності фільтровентиляційних установок в умовах хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного інциденту.

Як напрямок подальших досліджень може бути моделювання втрат особового складу в залежності від інтенсивності вогневого ураження та концентрації отруйних речовин у атмосферному повітрі із використанням імітаційних моделей.

Ключові слова: *засоби колективного захисту, фільтровентиляційні установки, озброєння та техніка.*

Постановка проблеми. Сучасна військова техніка має систему фільтровентиляції, від якої залежить життя особового складу під час потрапляння техніки як у хмару зараженого повітря бойовими токсичними та хімічними речовинами, бактеріологічними аерозолями, так і небезпечними хімічними речовинами, що використовуються в народному господарстві. Система фільтровентиляції очищає атмосферне повітря від хімічних, біологічних, радіологічних агентів та подає його в об'єкти колективного захисту з метою вентиляцій приміщень, забезпечення повітрям особового складу в них, а також створення надлишкового тиску, який перешкоджає проникненню зовнішнього зараженого повітря через нещільності в конструкціях об'єктів [1]. Але в ході зіткнення з противником збільшення нещільностей в конструкціях зростає разом з інтенсивністю вогневого ураження. При цьому тиск повітря знижується, що створює умови потрапляння зараженого повітря в середину приміщення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В ході попереднього дослідження [2] встановлено, що наявні фільтровентиляційні установки (ФВУ) не забезпечують захист від небезпечних хімічних речовин, а в прийнятих на озброєння сучасних зразках військової

© Борта Р.М., Коцюруба В.І., Ветошкін О.Г., Єрмоленко О.В., 2022

техніки бронеавтомобіль "КрАЗ Кугуар" та БТР-4 "Буцефал" ФВУ не передбачені конструкцією. У [3] розроблена модель ФВУ системи цивільних транспортних засобів побудована по принципу подібності з електричними ланцюгами з каскадним з'єднанням. У [4] розглянуто колективний захист кораблів та берегових об'єктів. Розрахунок ФВУ розглянутий у [5]. У попередніх дослідженнях та публікаціях не розкривається питання щодо динаміки зміни площі нещільностей.

Мета статті – висвітлення результатів дослідження залежності динаміки зміни сумарної площі нещільностей мобільних приміщень залежно від інтенсивності вогневого ураження та часу перебування під обстрілом.

Виклад основного матеріалу. Тривалість роботи фільтровентиляції в умовах зараження залежить від часу спрацювання технічних засобів визначення бактеріологічних аерозолів та отруйних речовин, подачі сигналів оповіщення, ввімкнення ФВУ та часу виходу з зараженого атмосферного повітря.

В умовах ведення бойових дій проникання зараженого повітря в мобільні приміщення відбувається [4]:

за рахунок вітрового напору та гравітаційного тиску через нещільності в огородженнях мобільного приміщення;

за рахунок потрапляння зараженого повітря при вході і виході особового складу з приміщення ;

за рахунок потрапляння зараженого повітря через систему фільтровентиляції (пробій шихти фільтру).

Пропонуємо розглянути варіант проникання зараженого повітря за рахунок збільшення нещільностей мобільного приміщення під час вогневого ураження противника. Коли вмикається ФВУ, в приміщенні повинен створитися тиск підпору $\Delta p_{\text{п}}$ за час $\tau_{\text{п}}$. Величина $\tau_{\text{п}}$ може задаватись з розрахунком того, що тиск $\Delta p_{\text{п}}$ повинен бути створений до моменту підходу зараженої хмари до мобільного приміщення.

Візьмемо площу нещільностей, через які буде уходити повітря, $S_{\text{н}}$. У зв'язку з тим, що величина $\Delta p_{\text{п}}$ є невеликою, то зміну щільності $\rho_{\text{в}}$ повітря при його виході під дією різниці тиску можна не враховувати, тоді рівняння розходу повітря через нещільності запишемо у вигляді [5]:

$$Q_{\text{розх}} = \mu S_{\text{н}} \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{п}}}{\rho_{\text{в}}}}, \qquad (1)$$

де $\Delta p_{\text{п}}$ – тиск підпору, кПа;

μ – коефіцієнт розходу повітря через нещільності ($\mu = 0{,}6 - 0{,}65$) [5].

Диференційне рівняння зміни кількості повітря у мобільному приміщенні запишеться у вигляді:

$$dQ = \left(Q_{\text{пр}} - Q_{\text{розх}}\right)d\tau, \qquad (2)$$

де $Q_{\text{пр}}$– продуктивність ФВУ м³/год.

Із рівняння стану газу отримаємо:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{RT}{V}\frac{dQ}{d\tau}, \qquad (3)$$

де p – тиск;

T– абсолютна температура, К;

V – обсяг повітря у приміщенні м³;

R – універсальна постійна газу.

З рівнянь (2) та (3) отримаємо:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{RT}{V}\left(Q_{\text{пр}} - Q_{\text{розх}}\right). \quad (4)$$

Приймемо припущення, що ФВУ практично миттєво досягає своєї номінальної продуктивності та зміни температури повітря в процесі його витоку із приміщення можна не враховувати. Рівняння (4) розвернемо, із врахуванням, що $\Delta p_{\text{п}} = p - p_0$, (тиск поза приміщенням), та запишемо у вигляді [5]:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{RT}{V}\left(Q_{\text{пр}} - \mu S_{\text{н}}\sqrt{\frac{2(p - p_0)}{\rho_{\text{п}}}}\right). \quad (5)$$

За результатами інтегрування рівняння (5) отримуємо великий результат, за яким аналіз різних факторів на роботу системи захисту є досить трудомісткій. Прийнявши припущення про лінійну залежність $\Delta p_{\text{п}}$ від часу при $0 < \tau < \tau_{\text{п}}$, тобто $\Delta p_{\text{п}} = \frac{\Delta p_{\text{п}}}{\tau_{\text{п}}}\tau$, не вносить суттєвої помилки у кінцевий результат, але спрощує рішення, будемо мати:

$$dp = \frac{RT}{V}\left(Q_{\text{пр}} - S_{\text{н}}\sqrt{\frac{\Delta p_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}\tau_{\text{п}}}\sqrt{\tau}}\right)d\tau.$$

Проінтегрувавши ліву частину отриманого рівняння в межах від p_0до p_0+$\Delta p_{\text{п}}$, а праву від 0 до $\tau_{\text{п}}$, отримаємо

$$\Delta p_{\text{п}} = \frac{RT}{V}\left(Q_{\text{пр}} - \frac{2}{3}\mu S_{\text{н}}\sqrt{\frac{\Delta p_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}})}\right)\tau_{\text{п}}$$

Отримана рівність дозволяє визначити час, необхідний для створення в приміщенні підпору $\Delta\rho_{\text{п}}$ при відомій продуктивності ФВУ:

$$\tau_{\text{п}} = \frac{\Delta p_{\text{п}} V}{RT\left(Q_{\text{пр}} - \frac{2}{3}\mu S_{\text{н}}\sqrt{\frac{\Delta p_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}})}\right)}, \quad (6)$$

а при заданому часі створення надлишкового тиску $\tau_{\text{п}}$ – потрібну продуктивність ФВУ визначаємо як:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{\Delta p_{\text{п}}}{\tau_{\text{п}}}\frac{V}{RT} + \frac{2}{3}\mu S_{\text{н}}\sqrt{\frac{\Delta p_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}}. \quad (7)$$

З формули (6) витікає висновок, що час досягнення потрібного надлишкового тиску скорочується з підвищенням щільності компонування (зменшення V) та покращення якості ущільнень (зменшення $S_{\text{н}}$). Під час практичного розрахунку з метою створення запасу $Q_{\text{пр}}$ можна прийняти$\mu = 1$.

Якщо $S_{\text{н}} \neq const$, наприклад, в результаті вогневого ураження мобільного приміщення, збільшується λ (залежність від інтенсивності вогневого впливу) протягом часу t, тоді:

$$P_{\text{н}} = 1 - \text{e}^{-\lambda t}, \quad (8)$$

де $P_{\text{н}}$– ймовірність збільшення нещільностей приміщення в умовах вогневого ураження. При цьому динаміка зміни площі у часі залежить від вогневого ураження противника:

$$S_{\text{н}}(t) = S_{\text{н}}P_{\text{н}}(t). \quad (9)$$

ISSN 2706-7386

Тоді вираз (8) прийме вигляд:

$$Q_{\text{пр}}(t) = \frac{\Delta\rho_{\text{п}}}{\tau_{\text{п}}}\frac{V}{RT} + \frac{2}{3}\mu S_{\text{н}}(t)\sqrt{\frac{\Delta\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}}. \qquad (10)$$

Результати розрахунків за формулами (8) та (9) наведена на рисунку 1.

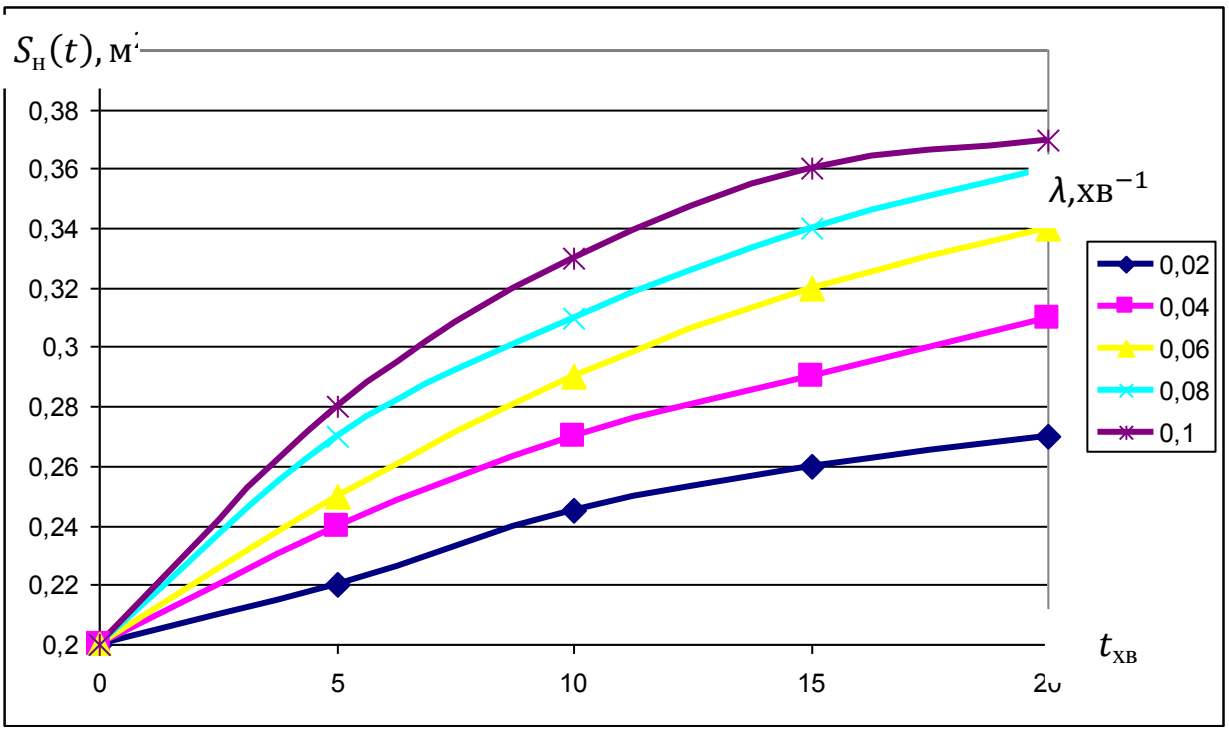


Рис.1 Залежність зміни площі нещільностей $S_{\text{н}}(t)$ у часі $t_{\text{хв}}$ протягом здійснення вогневого ураження від інтенсивності λ.

Аналіз результатів моделювання (Рис.1) показав можливість визначення числових значень показника нещільностей мобільних споруд та обґрунтувати вимоги до параметрів продуктивності та необхідного часу створення підпору ФВУ у мобільних приміщеннях. Зокрема встановлена залежність динаміки зміни $S_{\text{н}}$(t) у часі із врахуванням інтенсивності вогневого ураження λ та початкової площі нещільностей $S_{\text{н}}$.

Висновки.

Таким чином удосконалена математична модель функціонування ФВУ у мобільних приміщеннях, на відміну від існуючих, враховує динаміку зміни сумарної площі нещільностей мобільних приміщень залежно від інтенсивності вогневого ураження. До того ж запропонована модель дозволяє отримати значення показників безпечного перебування особового складу у мобільних приміщеннях та потрібної продуктивності ФВУ в умовах хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного інциденту. Як напрямок подальших досліджень може бути моделювання втрат особового складу в залежності від інтенсивності вогневого ураження та концентрації отруйних речовин у атмосферному повітрі із використанням імітаційних моделей, наприклад JCATS [6].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Порівняльний аналіз засобів колективного захисту органів дихання та перспективні напрямки розвитку. Володимир Коцюруба; Руслан Борта; Богдан Тертишний; Валерій Слободян // JournalofScientificPapers "SocialDevelopmentandSecurity", Vol. 11, No. 3. – 2021 (48). – С. 62–71.

2. Фільтровентиляційні установки (агрегати) стаціонарні та на бронеоб'єктах / О.В. Галак, Г.В. Каракуркчі, Я.В. Грибинюк // Системи озброєння і військової техніки. – 2016. – Вип. № 4(48). – С. 5–9.

3. Бушер В.В. Разработка модели приточно-вытяжной вентиляции пассажирских вагонов / В.В. Бушер, В.Я. Ярмолович // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – Вып. № 1/8(79). – ISSN 1729-3774.

4. Засоби індивідуального та колективного захисту: методичний посібник / О.І. Чмут, А.І. Баталов, І.М. Мартинюк. – Харків: ХІТВ, 2005. – 180 с.

5. Конструкция и расчеттанков и БМП: учебник / В.А. Чобиток, Е.В. Данков, Ю.Н. Брижинев [и др.]. – М.: Военноиздательство, 1984. – 376 с.

6. Бобильов В.Є. Використання програми імітаційного моделювання "Об'єднаний імітатор конфліктних і тактичних ситуацій": навч. посіб.; під заг. ред. В.Є. Бобильова. – Київ: НУОУ, 2012. – 197 с.

Борта Руслан Михайлович
ад'юнкт кафедри оперативного та бойового забезпечення інституту забезпечення військ (сил) та інформаційних технологій Національного університету оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна
https://orcid.org/0000-0001-9675-9836
+38093-939-790-95

Коцюруба Володимир Іванович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри оперативного та бойового забезпечення інституту забезпечення військ (сил) та інформаційних технологій Національного університету оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна
https://orcid.org/ 0000-0001-6565-9576
+38067-799-63-00

Ветошкін Олександр Георгійович
науковий співробітник Державного науково–дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3979-9916
+38097-508-59-98

Ruslan Borta
PhD student of the Department of Operational and Combat Support of the Institute of Troops (Forces) and Information Technologies of the National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-9675-9836
+38093-939-790-95

Volodymyr Kotsyuruba
Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Operational and Combat Support of the Institute of Troops (Forces) and Information Combat Support National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/ 0000-0001-6565-9576
+38067-799-63-00

Aleksandr Vetoshkin
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3979-9916
+38097-508-59-98

ISSN 2706-7386

Єрмоленко Олександр Володимирович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3168-1131
e-mail: morpex1972@ukr.net

Oleksandr Yermolenko
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3168-1131
e-mail: morpex1972@ukr.net

SIMULATION OF AIR FILTERING IN MOBILE PREMISES UNDER CONDITIONS OF THE ENEMY'S FIRE FOR EFFECT

R Borta, V Kotsyuruba, A Vetoshkin and O Yermolenko

Modern military equipment has a filter ventilation system, employment of which plays a vital role in survival of personnel when equipment enters the cloud of contaminated air with toxic and chemical warfare agents, bacteriological aerosols and hazardous chemicals used in the national economy.

The filter ventilation system cleans the air from chemical, biological, radiological agents and supplies it to the objects of collective protection in order to ventilate the premises, provide air to personnel, as well as create excess pressure that prevents external contaminated air due to leaks in enclosing structures objects.

The article presents an improved mathematical model of the functioning of filter ventilation systems in mobile premises under conditions of enemy fire. In contrast to the existing ones, it takes into account the dynamics of changes in the total area of leaks of mobile premises depending on the intensity of fire for effect and the time of their stay under fire. The results of the study of the dependence of the dynamics of changes in the total area of leaks of mobile premises depending on the intensity of the fire and the time spent under fire are highlighted.

Thus the offered model allows to receive values of indicators of safe stay of personnel in mobile premises and necessary productivity of filter ventilating installations under conditions of chemical, biological, radiological and nuclear incident.

As a direction of further research, modeling of personnel losses depending on the intensity of fire for effect and concentration of toxic substances in the air using simulation models can be used.

***Keywords**: means of collective protection, filter ventilation installations, weapons and equipment.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 623.746.17 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.04

Голуб В.М., Акимов О.О., Бояров В.Т., Жданюк М.М., Холодний Р.В. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

ОЦІНКА ВПЛИВУ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ВЕРТОЛЬОТІВ Ми-8МСБ-В ТА Ми-8МТ(МТВ) НА ПОКАЗНИКИ ЇХ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗА 2017-2021 РОКИ

У роботі запропонований комплексний підхід щодо визначення довгострокових трендів кількісних показників безвідмовності функціональних систем вертольотів Ми-8МСБ-В та Ми-8МТ(МТВ) за спеціальностями та впливу їх на експлуатаційну надійність вертольотів. Визначено безвідмовність функціональних систем за спеціальностями вертольотів: "вертоліт і двигун", "авіаційне озброєння", "авіаційне обладнання", "радіоелектронне обладнання" на базі статистичних даних про несправності вертольотів за період 2017-2021 роки. Розроблені пропозиції щодо визначення гранично допустимих індикативних рівнів показників безвідмовності вертольотів на основі інформації про технічний стан в період військової експлуатації, що дозволить корегувати строки технічного обслуговування, ремонту, продовження ресурсних показників та передбачати напрямки модернізації авіаційної техніки. Розроблені рекомендації по удосконаленню системи збору експлуатаційної інформації про надійність авіаційної техніки та відображення її в картках обліку несправностей. Приведені рекомендацій по підвищенню безвідмовності найменш надійних елементів систем вертольотів.

Ключові слова: *Вертольоти, функціональні системи вертольотів, експлуатаційна надійність,безвідмовність, критерії граничних індикативних значень.*

Постановка проблеми. Проблема оперативного визначення показників надійності вертольотів та їх окремих функціональних систем за різними спеціальностями надзвичайно важлива в сучасних умовах реалізації задач бойової підготовки, необхідності продовження термінів експлуатації авіаційної техніки (АТ), та удосконалення системи керування безпекою польотів.

Для оперативного визначення допустимих рівнів безвідмовності АТ щодо визначення перспективного напрямку розрахунку граничних значень показників безвідмовності, раніше розроблені методичні підходи [1] потребують доопрацювання.

Об'єктом дослідження обрані два типи вертольотів Ми-8МТ(МТВ) та Мі-8МСБ-В державної авіації Збройних Сил України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною метою контролю безвідмовності вертольотів в сучасних умовах воєнної експлуатації є своєчасне виявлення моментів виникнення деградаційних процесів, зумовлених дією різноманітних факторів, що знайшло відображення в ряді публікацій.

В роботі [2] розглянуто в загальному вигляді проблеми визначення кількісних показників, що характеризують безпеку польотів, експлуатаційну надійність, граничні рівні показників надійності АТ та розроблений комплексний підхід аналізу надійності на основі існуючих стандартів [3, 4].

Ці показники дозволяють оцінити динаміку технічного стану та надійності АТ в умовах експлуатації (застосування, технічного обслуговування і ремонту та зберігання), а також виявити причини виникнення несправностей та розробити заходи щодо попередження їх виникнення.

Аналіз експлуатаційних показників надійності вертольотів впродовж 2017–2021 років [5–7], проводився при їх військовій експлуатації згідно методики [1] на основі наступних інформаційних джерел:

- картки обліку несправностей (КОН) (щомісячні);
- донесення про періодичні результати аналізу надійності АТ (раз за півроку);
- звіти щодо забезпечення безпеки польотів та якості продукції на авіаційно-ремонтних заводах (АРЗ) (раз за півроку);

© Голуб В.М., Акимов О.О., Бояров В.Т., Жданюк М.М., Холодний Р.В., 2022

ISSN 2706-7386

- експрес бюлетені (щомісячні повідомлення про причини виникнення інцидентів).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Роботи з продовження ресурсних показників та модернізації проводяться експлуатантами АТ разом з промисловими підприємствами, що спеціалізуються за певними видами обладнання, та за участю науково-дослідних установ МОУ.

В рамках загальної проблеми оцінки динаміки технічного стану та надійності АТ, виявлення причин виникнення несправностей окремих функціональних систем, розробки заходів щодо попередження їх виникнення, актуальним є удосконалення методів аналізу показників надійності, що пов'язане з вирішенням наступних наукових і практичних проблем:

- поглиблення повноти та аналізу експлуатаційної інформації;
- підвищення точності, достовірності показників надійності та довгострокового прогнозування їх рівня;
- розширення інформативності статистичної інформації про несправності АТ, яка вноситься в КОНи.

Постановка завдання. Для вирішення зазначених частин загальної проблеми необхідно:

- розробити комплексний підхід до визначення довгострокових трендів зміни кількісних показників надійності систем вертольотів за спеціальностями та впливу їх на загальну надійність вертольотів;
- сформулювати рекомендації щодо розрахунку граничних індикативних рівнів показників безвідмовності вертольотів;
- розробити рекомендації щодо підвищення безвідмовності найменш надійних систем вертольотів за спеціальностями.

Виклад основного матеріалу дослідження. Статистичні показники, що отримані в процесі експлуатації вертольотів, дають вичерпну оцінку про їх надійність, оскільки враховують вплив реальних умов експлуатації.

Для аналізу експлуатаційної надійності функціональних систем вертольотів використані оперативні показники безвідмовності та формули для їх розрахунку, що наведені в методичних рекомендаціях та державних стандартах [1–4].

Таблиця 1

Перелік оперативних показників надійності

Найменування та розмірність показників надійності	Формула показника надійності	Пояснення до формул
Ймовірність безвідмовної роботи за один час польоту	$P(t)=e^{-\omega t}$	ω – середній параметр потоку відмов
Наліт на відмову в польоті, год	$T_n = \frac{t_\Sigma}{m_n}$	t_Σ – сумарний наліт; m_n – сумарна кількість відмов в польоті
Наліт на відмову та пошкодження, виявлені в польоті та на землі, год	$T_C = \frac{t_\Sigma}{m_C}$	t_Σ – сумарний наліт; m_C – сумарна кількість відмов та пошкоджень в польоті та на землі

При визначенні показників безвідмовності використовується прямий метод оцінки показників надійності, без визначення законів розподілу часу між відмовами.

Об'єктом дослідження обрані два типи вертольотів Ми-8МТ(МТВ) та Мі-8МСБ-В, які мають найбільший обсяг нальоту за період 2017–2021 роки військової експлуатації та знайшли широке застосування у державній авіації Збройних Сил України. Наліт цих вертольотів за роками приведений на рисунку 1.

ISSN 2706-7386

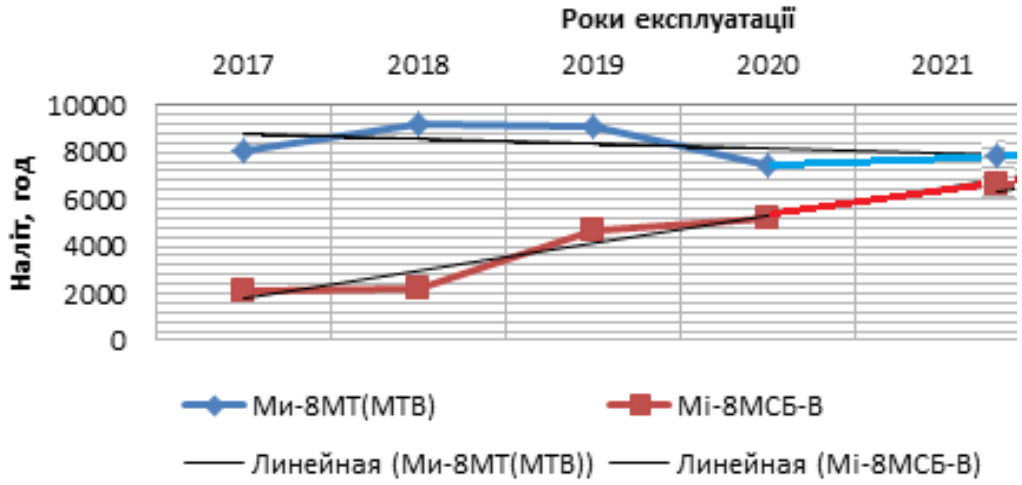


Рис.1. Наліт вертольотів Ми-8МТ(МТВ) та Мі-8МСБ-В за роками

Згідно тенденції, що відображена на рисунку 1, обсяг нальоту вертольоту типу Ми-8МТ(МТВ) фактично незмінний, а вертольоту типу Мі-8МСБ-В поступово зростає, що свідчить про зростання їх кількості та сфери застосування.

З метою визначення впливу надійності функціональних систем за спеціальностями на надійність вертольотів проведений наступний обсяг робіт:

– розраховані їх показники наробітку на відмову виявлені в польоті та на землі T_c, що характеризують рівень експлуатаційної надійності (ЕкН) та ймовірність безвідмовності за одну годину польотів вертольотів;

– за інтегральним показником середнього наробітку T_c функціональних систем спеціальностей за період експлуатації протягом 2017–2021 років визначена питома вага у загальній структурі та їх вплив на рівень ЕкН вертольотів;

– визначені найменш надійні складові у структурі функціональної системи спеціальності АО, яка має відносно найбільший вплив на рівень ЕкН вертольотів;

– отримані результати наведені у таблицях 2, 3 та відображені на рисунках 2–5.

Таблиця 2

Показники експлуатаційної надійності за системами спеціальностей вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ)

Найменування показників надійності спеціальностей вертольота		Експлуатаційна надійність				
		2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
Наробіток на відмову за спеціальностями, год	ВіД	112	136	109	138	140
	АОз	673	1317	761	931	1001
	АО	78	84	82	105	101
	РЕО	152	142	247	166	250
Середній наробіток на відмову, год		41,9	37,0	37,5	41,9	45,4
Середній параметр потоку відмов, ω, год$^{-1}$		0,0239	0,0270	0,0267	0,0239	0,0220
Ймовірність безвідмовності польоту вертольота за одну годину		0,9763	0,9734	0,9736	0,9764	0,9782

ISSN 2706-7386

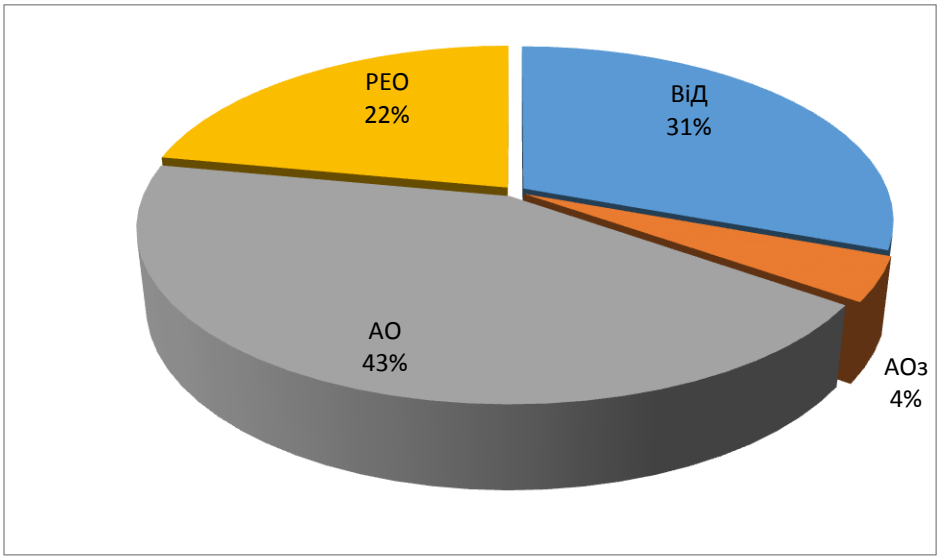


Рис.2. Структура середнього наробітку на відмову функціональних систем за спеціальностями вертольотів Ми-8МТ(МТВ) за роки військової експлуатації

Аналіз рисунку 2 показує, що найбільший вплив на рівень безвідмовності вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) мають системи за спеціальністю АО (43%).

На рисунку 3 приведена структура напрацювання на відмову складових частин, що входять до складу функціональної системи спеціальності АО.

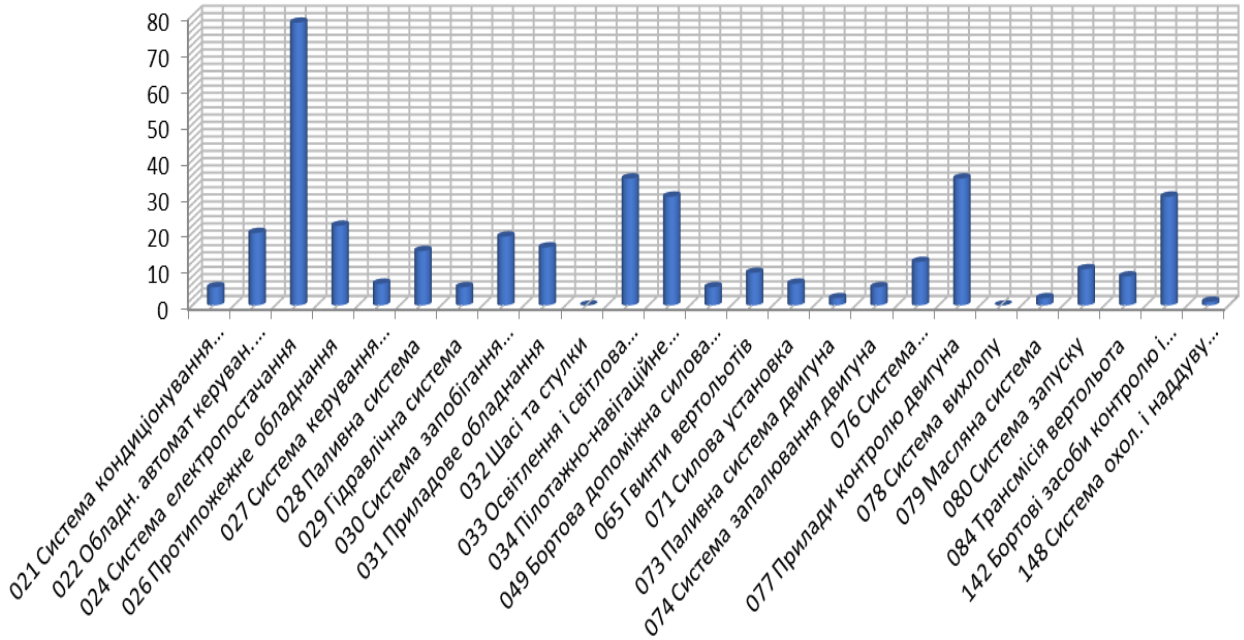


Рис.3. Результати аналізу відмов складових части систем спеціальності АО вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ)

Аналіз отриманих результатів, що відображені на рисунку 3 показав, що у функціональній системі за спеціальністю АО вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ найменш надійними є “Система електропостачання код (024)”, “Система освітлення та світлова сигналізація код (033)”, “Система пілотажно-навігаційного обладнання код (034)”, “Прилади контролю двигуна код (077)”.

Результати визначення наробітку на відмову функціональних систем вертольотів Мі-8МСБ-В та їх вплив на експлуатаційні характеристики приведені в таблиці 3.

ISSN 2706-7386

Таблиця 3

Показники експлуатаційної надійності за системами спеціальностей вертольотів типу Мі-8МСБ-В

Найменування показників надійності спеціальностей та вертольота		Експлуатаційна надійність				
		2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
Наробіток на відмову за спеціальностями, год	ВіД	97	83	76	61	58
	АОз	326	204	570	433	655
	АО	84	86	90	94	89
	РЕО	167	125	111	247	116
Середній наробіток на відмову, год		31,9	27,5	28,5	29,9	25,9
Середній параметр потоку відмов, ω, год$^{-1}$		0,0313	0,0364	0,0351	0,0334	0,0386
Ймовірність безвідмовності польоту вертольота за одну годину		0,9691	0,9666	0,9655	0,9671	0,9621

Структура середнього наробітку на відмову функціональних систем за спеціальностями вертольоту Мі-8МСБ-В за роки військової експлуатації наведена на рисунку 4.

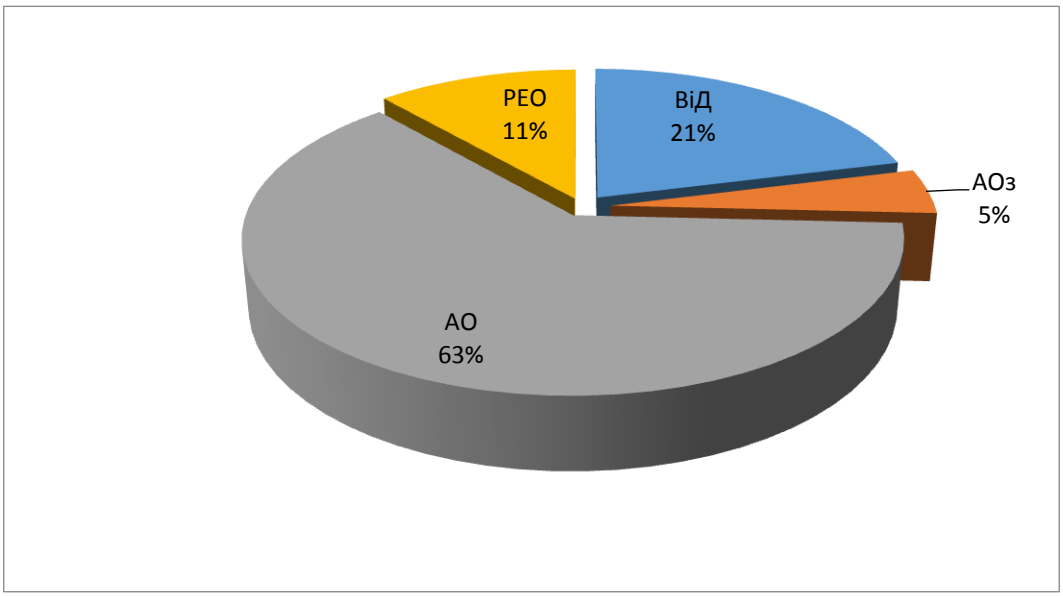


Рис.4. Структура середнього наробітку на відмову функціональних систем за спеціальностями вертольотів Мі-8МСБ-В за роки військової експлуатації

Найбільший вплив на рівень безвідмовності вертольотів типу Мі-8МСБ-В також мають системи за спеціальністю АО (63%).

На рисунку 5 приведена структура напрацювання на відмову складових частин, що входять до складу функціональної системи спеціальності АО.

ISSN 2706-7386

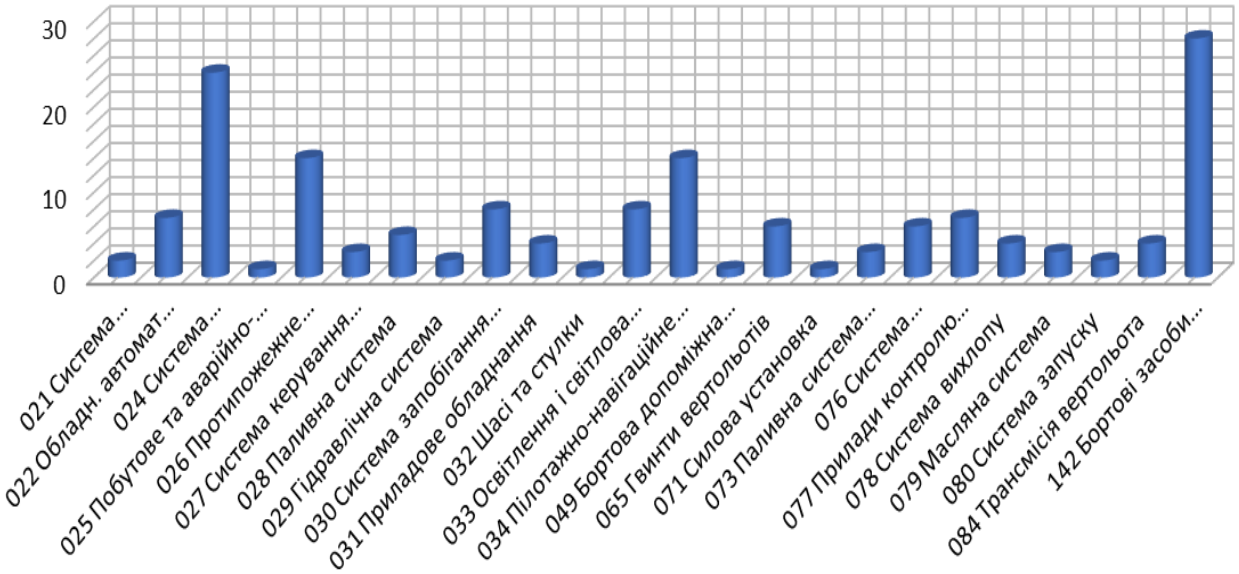


Рис.5. Результати аналізу відмов складових частин спеціальності АО вертольотів типу Мі-8МСБ-В

Порівняльний аналіз результатів, що відображені на рисунках 3 і 5 показав, що у функціональній системі за спеціальністю АО вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) та Мі-8МСБ-В найменш надійними є “Система електропостачання код (024)” та “Бортові засоби контролю і реєстрації польотних даних (код 142)”, в яких найбільш уразливим є вироби, що використовують напівпровідникові матеріали, а також недостатня герметичність штепсельних роз’ємів. Значний вплив на рівень експлуатаційної надійності призводить слабка вологостійкість ізоляції електропроводки та дуже низька надійність ламп СМ-28-60 на проблискових маяках ООС-61.

Під час військової експлуатації АТ шляхом проведення планових технічних обслуговувань та ремонтів (ПТОіР), згідно вимог експлуатаційної та ремонтної документацій, показники надійності підтримуються на належному рівні, який не повинен перевершувати нормативний.

При оперативному контролі надійності в процесі військової експлуатації показники надійності мають властивість погіршуватися. В таблицях 2 і 3 приведені результати зміни наробітку на відмову, середні параметри потоку відмов вертольотів Ми-8МТ(МТВ) та Мі-8МСБ-В вподовж їх п’ятирічної експлуатації.

Своєчасне виявлення небажаних тенденцій погіршення показників безвідмовності дозволить спланувати та виконати додаткові заходи щодо підтримки надійності.

В роботі [8] запропоноване прогнозування показників надійності на основі ліній регресії побудованих на числових характеристиках математичного сподівання та середнього квадратичного відхилення.

В роботі [9] запропонований метод оцінки межі погіршення середнього параметру потоку відмов (контрольної межі надійності) при їх оперативному контролі по верхній границі довірчого інтервалу але не надається рекомендацій по розрахунку величини коефіцієнту k, що визначає величину збільшення верхньої границі довірчого інтервалу.

При аналізі оперативної надійності бажано користуватися показником наробіток на відмову та прогнозувати його значення на наступний рік.

Значення коефіцієнту k пропонується визначати на основі аналізу тренду середнього значення наробітків на відмову за 2017–2021 роки, які наведені в таблицях 1 і 2 та з врахуванням довірчих границь показників надійності.

Контрольна межа $Тк$ за результатами аналізу тренду зміни напрацювання на відмову на наступний рік може визначатися за наступною формулою:

ISSN 2706-7386

$$T_k = T_{c5} - |k| \cdot S_{c5}, \quad (1)$$

де: T_{c5}– середнє значення наробітку на відмову за останні п’ять років (2017–2021);

S_{c5}– середньоквадратичне відхилення середнього значення наробітку на відмову за останні п’ять років (2017–2021);

k – коефіцієнт пониження показника наробітку на відмову, який визначається наступним чином:

$$k = \left| \frac{T_{c4} - T_{c5}}{S_{c4} - S_{c5}} \right|, \quad (2)$$

де T_{c4} – середнє значення наробітку на відмову за чотири роки (2017–2020);

S_{c4} – середньоквадратичне відхилення середнього значення наробітку на відмову за чотири роки (2017–2020);

Результати розрахунку індикативної межі наробітку на відмову вертольотів приведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку індикативної межі наробітку на відмову

Статистичні показники	Значення показників	
	Ми-8МТ(МТВ)	Мі-8МСБ-В
Середній наробіток на відмову за 2017–2021 р, $T_н$,год	40,7	28,7
Коефіцієнт зміни нижньої межі довірчого інтервалу, k	1,48	1,56
Середньоквадратичні відхилення, *SD*, год	3,45	2,29
Нижня контрольна межа надійності $Тк$, год	35,0	25,0

За результатами наведених розрахунків можемо стверджувати, що на 2022 рік при довірчій імовірності 0,96 верхня контрольна межа середнього наробітку на відмову не повинна бути нижчою:

– для вертольотів типу Мі-8МСБ-В - наліт на одну відмову не менше 25,0 годин;

– для вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) - наліт на одну відмову не менше 35,0 годин.

Факт досягнення вертольотами наробітку на відмову менше індикативного рівня буде свідчити про те, що відбувається прискорення деградаційних процесів в їх функціональних системах. Це означає, що необхідно підвищити увагу до проведення непланового контролю вертольота за технічним станом, або проведення більш детального планового технічного обслуговування відповідної системи вертольоту.

Висновки.

Запропонований комплексний підхід щодо визначення довгострокових трендів зміни кількісних показників безвідмовності систем вертольотів за спеціальностями та впливу їх на безвідмовність вертольотів в цілому за період 2017–2021 років.

Розроблені пропозиції щодо визначення гранично допустимих індикативних рівнів показників безвідмовності вертольотів на основі інформації про технічний стан в період військової експлуатації, що дозволить корегувати строки технічного обслуговування, ремонту, продовження ресурсних показників та передбачати напрямки модернізації авіаційної техніки.

Для більш глибокого аналізу причин виникнення несправностей та розробки напрямків по їх усуненню необхідно розробити рекомендації щодо доповнення інформації, що надається в КОН, про кількість АТ, наліт яких враховується.

Наведені рекомендацій можуть бути використані для підвищення безвідмовності найменш надійних елементів систем вертольотів.

Перспективи подальших досліджень. Запропонований комплексний підхід щодо визначення довгострокових трендів зміни кількісних показників безвідмовності АТ та їх систем може бути застосований для всіх типів АТ.

У подальшому необхідно провести більш глибокий аналіз функціональних систем з метою виявлення блоків та апаратури, що впливають та лімітують надійність АТ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації державної авіації щодо збору, аналізу і подання інформації про несправності авіаційної техніки (МРДА-02/16) затверджені наказом начальника Управління регулювання діяльності державної авіації України Міністерства оборони України від 24.03.2016 № 20. – Київ, 2016. –104 с.

2. Голуб В.М. Аналіз методичних підходів до оцінювання надійності авіаційної техніки державної авіації за експлуатаційними даними/ В.М. Голуб, А.Г. Павленко, О.М. Чередніков, В.М. Чуприна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки / ДНДІ ВС ОВТ. – Чернігів: Брагинець О.В., 2019. – Вип. №2(2) – С. 53–61. – DOI: 10.37701/dndivsovt.2.2019.08.

3. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення: ДСТУ 2861–94. – [Чинний від 1994-12-08]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 124 с.

4. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004:95. – [Чинний від 1995-01-25]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 124 с.

5. Експлуатаційна надійність авіаційної техніки і безпека польотів за 2018 рік. Випуск. / О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, В.М. Голуб, М.М. Жданюк, Е.Ф. Сідін. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019. – Табл. 40. – Рис. 26. – Бібл. 4 назв. – 90 с.

6. Експлуатаційна надійність авіаційної техніки і безпека польотів за 2019 рік. Випуск. / О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, В.М. Голуб, М.М. Жданюк, – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2020. – Табл. 34. – Рис. 27. – Бібл. 8 назв. – 100 с.

7. Експлуатаційна надійність авіаційної техніки і безпека польотів за 2020 рік. Випуск. / В.М. Голуб, О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, М.М. Жданюк, – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2021. –105 с.

8. Самотьос В.М.Оцінка та прогнозування показників надійності військової авіаційної техніки при її експлуатації з продовженими календарними показниками // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Харків: ХУПС, 2008. – Вип. № 3. – С. 20–22.

9. Чернявський В.М. Застосування непараметричних методів для оцінки рівня надійності авіаційної техніки з низькою інтенсивністю експлуатації // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2012. – No 3(32). – С. 59–63.

Голуб Володимир Маркович
кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-7796-3054
+0380976846451

Volodymyr Golub
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-7796-3054
+0380976846451

ISSN 2706-7386

Акимов Олександр Олександрович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-4443-8755
+380953850179

Олександр Акимов
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-4443-8755
+380953850179

Бояров Володимир Тихонович
науковий співробітник Державного науково–дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-5824-0678
+38097-757-56-72

Volodymyr Boiarov
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-5824-0678

+38097-757-56-72

Жданюк Микола Миколайович
начальник лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-0339-5445
+38050-647-19-55

Mykola Zhdanyuk
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-0339-5445
+38050-647-19-55

Холодний Руслан Віталійович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-1168-5215
+38093-583-49-80

Ruslan Kholodnyi
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1168-5215
+38093-583-49-80

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE FUNCTIONAL SYSTEMS OF Mi-8MSB-V AND Mi-8MT(MTV) HELICOPTERS ON THEIR SAFETY INDICATORS IN 2017-2021

V Golub, O **Akimov, V Bojarov, M Zhdanyuk and R Kholodnyi**

The paper proposes an integrated approach to determining long-term trends in quantitative indicators of reliability of Mi-8MSB-V and Mi-8MT(MTV) helicopter systems by specialty and their impact on the operational reliability of helicopters.

An integrated approach consists in determining the impact of the reliability of helicopter systems on the operational performance of helicopters: the mean time between failures, the average failure rate parameter, the probability of helicopter flight reliability per hour, and the maximum allowable indicative levels of helicopter reliability indicators.

The reliability of functional systems for helicopter specialties was determined: helicopter and engine, aviation armament, aviation equipment, radio-electronic equipment based on statistical data on helicopter malfunctions for the period between 2017 and 2021.

Proposals have been developed to determine the maximum allowable indicative levels of helicopter reliability indicators based on information about the technical condition during military operation, which will allow adjusting the terms of maintenance, repair, life extension and provide for areas for the modernization of aviation equipment.

For an in-depth analysis of the causes of malfunctions and the development of recommendations for their elimination, it is necessary to supplement the information provided in the fault record sheets with information on the number of aircraft, the flight time of which takes into account the developed recommendations for improving the system for collecting operational information on the reliability of the aircraft and its reflection in the fault record sheets.

In order to objectively take into account, the impact of aviation armament on the reliability of helicopter engines, it is necessary to provide information on the helicopters flight time using the functional systems of aviation armament.

Recommendations are given to improve the reliability of the least reliable elements of helicopter systems.

***Keywords**: helicopters, functional systems of helicopters, operational reliability, non-failure operation, criteria for limiting indicative values.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386

УДК 623.55 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.05

Живець Ю.М., Шумигай О.В., Єрмоленко О.В., Ветошкін О.Г. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗОРІВ У СИСТЕМАХ ВИЯВЛЕННЯ, СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ПРИЦІЛЮВАННЯ

Тепловізори в умовах сьогодення є невід'ємною складовою під час вирішення ряду бойових (специфічних) завдань, збільшуючи діапазон застосування військової техніки.

У статті розглянуто принцип роботи тепловізорів, проведено аналіз основних технічних параметрів, які максимально впливають на їх експлуатаційні характеристики, вартість, а також основні переваги і недоліки охолоджуваних і неохолоджуваних тепловізійних систем. Зазначені варіанти використання тепловізійних систем та проблемні питання їх застосування підрозділами Збройних Сил України, визначені напрямки удосконалення тепловізійної техніки.

Актуальність роботи полягає у необхідності впровадження принципово нових концепцій по інтеграції тепловізійної техніки у системах та комплексах озброєння.

Розширення спектрального діапазону оптико-електронних приладів надає змогу підвищити функціональні можливості як приладів спостереження та виявлення, так і загалом оптико-електронних модулів, які застосовуються у різних сферах. Використання приладів з розширеним спектральним діапазоном у військовій галузі викликає зацікавленість в першу чергу.

Застосування кількох спектральних каналів в оптико-електронних приладах за наявності обчислювальних засобів з великою швидкістю обробки багатомірної інформації, яка отримується від багатоканальних систем, надає можливість у реальному масштабі часу більш надійно вирішувати завдання виявлення, розпізнавання та ідентифікації різних об'єктів, вирішуючи завдання в інтересах збройних сил.

Ключові слова: *тепловізор, інфрачервоне випромінювання, температурні характеристики, роздільна здатність, чутливість, відстань виявлення та розпізнавання.*

Постановка проблеми. Розповсюдження електромагнітної енергії в діапазоні частот 3–14 мкм працює з власним тепловим випромінюванням об'єктів [1]. Видиме для ока людини світло займає частину спектру електромагнітних хвиль. Інфрачервоне (далі – ІЧ) випромінювання відрізняється від світових променів більшою довжиною хвилі, але ж фізика поширення електромагнітних хвиль ідентична.

Внаслідок поглинання молекулами газів, аерозолями (опади, дим, туман, смог) та іншими атмосферними утвореннями теплове випромінювання послаблюється, що створює перешкоди при теплобаченні.

Молекулярне поглинання є основною причиною ослаблення сприймання випромінювання. Найбільш відчутно випромінювання поглинається парами води, вуглекислим газом і озоном. У нижніх шарах атмосфери поглинанням закисом азоту і окисом вуглецю можна знехтувати, що визначає два основних вікна прозорості атмосфери:

середньохвильового (MWIR) – 3–5 мкм;

довгохвильового (LWIR) – 7–14 мкм.

Наявність зазначених вікон прозорості означає, що при розробці тепловізорів виробникам слід прагнути до реалізації вказаних частотних діапазонів [2].

Розширюючи спектральний діапазон оптико-електронних приладів можна підвищити функціональні можливості як приладів спостереження та виявлення, так і загалом оптико-електронних модулів щодо їх застосування у різних галузях. Використання приладів з розширеним спектральним діапазоном у військовій галузі викликає зацікавлення в першу чергу. Для визначення перспектив проведення робіт у зазначеному напрямку потрібно провести попередній аналіз сучасного стану справ у різних виробників та шляхів, якими рухаються передові розробники зазначеної техніки.

© Живець Ю.М., Шумигай О.В., Єрмоленко О.В., Ветошкін О.Г., 2022

ISSN 2706-7386

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Умовно можна окреслити чотири покоління тепловізійної техніки [3]:

нульове покоління, яке засновано на застосуванні одиничних охолоджуваних приймачів і двовимірної (малої та покадрової) розгортки за допомогою скануючої оптико-механічної системи;

перше покоління – на застосуванні малих лінійок приймачів і спрощеної покадрової розгортки;

друге покоління – на використанні згрупованих декількох лінійок (з тимчасовою затримкою і накопиченням);

третє покоління тепловізійної техніки – на застосуванні фокально-площинних, двовимірних твердотільних багатоелементних (матричних) приймачів випромінювання.

Останнім часом розвиток тепловізорів йде здебільшого шляхом застосування неохолоджуваних багатоелементних матричних приймачів випромінювання, фізичні характеристики яких високі і практично не поступаються системам охолодження. Сучасні тепловізійні системи мають малі вагогабаритні характеристики і енергоспоживання, забезпечують безшумну роботу і високу якість тепловізійного зображення, широкий динамічний діапазон роботи у режимі мовного телевізійного стандарту, цифрову обробку у реальному масштабі часу, з можливістю обробки інформації з використанням ПЕОМ і поділяються на два основні класи: наглядові (пошукові); вимірювальні або радіометричні (термографи).

Наглядові (пошукові) тепловізійні системи призначені для виявлення, розпізнавання і візуалізації на об’єкті теплових перешкод віддалених тепловипромінюючих об’єктів (цілей). Такі системи можуть доповнюватися різними каналами і містять, як правило, телевізійний канал, канал нічного бачення, канал лазерної локації для виявлення телефотооптики на значних відстанях, вимірювальний канал – лазерний далекомір.

Будь-який об’єкт випромінює енергію, причому велика частина енергії припадає на невидиме людському оку ІЧ – випромінювання. Принцип роботи тепловізорів заснований саме на цьому: за інтенсивністю ІЧ – випромінювання можна не тільки визначати та ідентифікувати об’єкти різної природи і навіть ділянки однорідної на вигляд поверхні, а й досліджувати багато їх прихованих властивостей [4].

Тепловізори повністю незалежні від зовнішнього освітлення та реєструють тільки ІЧ – випромінювання об’єктів. В якості оптичної системи в них використовуються лінзи з германію, оскільки звичайне скло ІЧ – випромінювання не пропускає. З матриці приладу інформація надходить до електронної системи, де зберігається колірна карта температур (кожній температурі відповідає певний колір і його яскравість), обробляється і виводиться на дисплей в окулярі приладу. У більшості систем реалізовано чорно-біле кодування.

Обчислювати і передавати координати джерела випромінювання, розрахувати інтенсивність ІЧ – випромінювання, визначати температурні характеристики – це дають змогу визначити сучасні тепловізори. Оцінювати різні характеристики об’єктів можливо за будь-якими цифровими показниками тепловізорів, що переведені у графічне зображення.

Чим вища роздільна здатність детектора, тим дорожче тепловізор і тим кращі його технічні та експлуатаційні характеристики. До того ж, роздільна здатність тепловізора прямо залежить від його типу: з охолоджуваною або неохолоджуваною матрицею. Матричні приймачі випромінювання сучасних тепловізорів мають роздільну здатність від 16х16 до 640х480 пікселів і на сьогодні це є однією з найдорожчих частин тепловізійних систем, що значною мірою впливають на його ціну. [5].

Конструктивні елементи тепловізора це: оптична система, система реєстрації, болометрична матриця з вимірювання температури, силовий блок та корпус. Зразки з розширеними функціональними можливостями можуть доповнюватись додатковим обладнанням (лазер, лампа підсвітки) [6].

Класи на які поділяються тепловізори:

1. На основі приймача з фотоелектричним ефектом, що необхідно охолоджувати до кріогенних температур;

2. Болометричний приймач, що працює при нормальних умовах, тому він і називається неохолоджуваним.

Прилади на основі охолоджуваних матриць – більш точні, але, в той же час, є більш важкими і громіздкими.

В портативних приладах використовуються саме неохолоджувані матриці.

Середньохвильовий (3–5 мкм) діапазон (MWIR) притаманний для охолоджуваних тепловізорів [7].

Створення нових типів фотоприймачів та новітні технології у виробництві матеріалів і покриття надають можливість займатися системами з широким спектральним діапазоном хвиль. Найбільш поширеним способом створення мультиспектральных систем до теперішнього часу лишається розміщення у складі приладу декількох каналів, кожен з яких працює у власному діапазоні спектру і виконує завдання прицільно-спостережного характеру, дальнометрування, утилітарні вузьконаправлені завдання спецпризначення, які дозволяють казати про "інтелектуальність" виробу. Саме цими завданнями є пошук, розпізнавання і супроводження об'єктів.

Розробці мультиспектральних оптико-електронних приладів на теперішній час приділяється велика увага. Популярність отримала система, розроблена компанією TRW, яка має 384 спектральні робочі діапазони. Система випробувалась на борту безпілотних розвідувальних літальних апаратів, призначених для виявлення танків, пускових ракетних установок та інших військових об'єктів, замаскованих на тлі різних фонів [3]. Відомі також системи, які знаходяться на озброєнні армії США: SYERS (Senior Year Electrooptical Reconnaissance System), що працює на борту літака U-2 у семи спектральних діапазонах та Cobra Brass – мультиспектральний датчик зображення для ІЧ-системи космічного базування.

Застосування кількох спектральних каналів в оптико-електронних приладах за наявності обчислювальних засобів з великою швидкістю обробки багатомірної інформації, яка отримується від багатоканальних систем, надає можливість у реальному масштабі часу більш надійно вирішувати завдання виявлення, розпізнавання та ідентифікації різних об'єктів, вирішуючи завдання в інтересах Збройних Сил.

Метою статті є узагальнення досліджень та аналіз сучасного стану розвитку тепловізійних систем виявлення, спостереження та прицілювання, можливість підвищення їх функціональних можливостей для застосування за призначенням у військовій галузі.

Виклад основного матеріалу. Сучасні тепловізійні системи є безконтактними вимірювальними приладами, що не тільки графічно відображають різницю температур, а ще й вимірюють і зберігають у пам'яті значення температури у кожній точці зображення об'єкта [8].

Нічний час завжди був складною обставиною ведення бойових дій. Належним чином спостереження неможливе в умовах поганої видимості (туман, дим, снігопад). Для виявлення противника у темряві раніше використовували прилади нічного бачення (далі ПНБ). Проте, принцип роботи тепловізора надає більше переваг для ведення спостереження. ПНБ уловлює саме видиме світло, підсилюючі сигнал і, таким чином, надає змогу бачити за умов поганого освітлення. Використання цього приладу в складних умовах видимості, на відміну від тепловізора, не дає потрібного ефекту – він просто зробить туман яскравішим, а в повній темряві ПНБ не покаже нічого [9].

Відмінність же тепловізорів від ПНБ, полягає у тому, що вони використовують власне ІЧ – випромінювання об'єктів. Робочими зонами тепловізійного методу контролю є ІЧ – діапазони 3–5 (MWIR) мкм і 7–14 (LWIR).

Особливий інтерес викликає більш інформативний діапазон 7–14 мкм, який повністю співпадає з найбільш широким спектром прозорості атмосфери та відповідає максимальній

ISSN 2706-7386

випромінювальній здатності об'єктів спостереження в температурному діапазоні від мінус 50 до плюс 50 °С. Тепловізійний метод контролю ґрунтується на тому, що будь-які процеси, що відбуваються у природі, супроводжуються поглинанням і виділенням тепла, змінюючи при цьому внутрішню енергію тіла, яке в стані термодинамічної рівноваги є пропорційною температурі речовини. Поверхні фізичних тіл набувають специфічного температурного розподілу внаслідок цього.

Тепловізори застосовуються збройними силами як прилади нічного бачення для виявлення теплоконтрастних цілей у будь-який час доби, незважаючи на використання противником засобів оптичного маскування у видимому діапазоні [10].

Основними технологіями середньохвильових приймачів на теперішній час є:

1. Телурид кадмію-ртуті (MCT – mercury-cadmium-telluride), відомий також під абревіатурою HgCdTe – є найпоширенішим напівпровідниковим матеріалом для інфрачервоних фотоприймачів;

2. Квантові ями – Quantum-Well Infrared Photodetector (QWIP);

3. Надрешітки (SLS) з напруженими шарами тип-II на основі арсенідів і антимонідів. Вони є альтернативою технології MCT та мають більшу чутливість до температур.

При використанні у військовій сфері зустрічаються рішення зміщення спектральної чутливості охолоджуваних тепловізорів в довгохвильову область (7–14 мкм) з метою зниження впливу поганих атмосферних умов (смог, дим, туман, дощ, сніг і т.п.), але розплачуватися за це доводиться втратою температурної чутливості (наприклад, у популярного сучасного тепловізора на основі MCT параметр NETD – Noise Equivalent Temperature Difference – еквівалентна шумова різниця температур у короткохвильовому діапазоні становитиме 17–19 мК, а в довгохвильовому вже 23–29 мК) та просторової роздільної здатності, що підвищує вимоги до оптики.

Довгохвильовий (7–14 мкм) діапазон (LWIR) є більш характерним для неохолоджувальних тепловізорів тому, що виявляти випромінювання в цій ділянці спектра доцільно за допомогою терморезистивного ефекту.

На теперішній час активно розвиваються основні технології довгохвильових приймачів, а саме:

1. Окис ванадію (VOx – vanadium oxide);

2. Аморфний кремній (a-Si – amorphous silicon).

Електричний опір комірки (пікселів) змінюється при опроміненні їх ІЧ – випромінюванням, використання цієї зміни для побудови відеозображення і є терморезистивний ефект.

Розглянемо використання та відмінності охолоджуваних і неохолоджуваних тепловізорів з урахуванням теперішнього розвитку технологій [11].

Щодо охолоджуваних тепловізорів.

Інфрачервоні датчики ізольовані від оточуючого середовища у герметичній вакуумній охолоджуваній упаковці з кріогенним охолодженням. Охолодження їм потрібне для роботи напівпровідникової матриці, яка настільки чутлива, що без охолодження буде просто "засліплена" своїм власним тепловим випромінюванням. Діапазон робочих температур може сягати від 4К до кімнатної температури. Найбільш же поширений діапазон від 60 К до 100 К. В якості системи охолодження використовують кріокулери Стірлінга. Альтернативою може бути використання теплообмінників, які охолоджуються стиснутими газами. Саме ці системи можуть використовуватися у польових умовах.

Дійсно, система охолодження є досить коштовною та громіздкою. Для початку роботи потрібно декілька хвилин, щоб охолодити матрицю, крім того, самі охолоджувані датчики мають обмежений термін використання. Зазначені вище незручності майже повною мірою компенсує надзвичайно висока чутливість та бездоганна якість отриманого зображення. До переваг потрібно віднести можливість використання лінз з більшими фокусними відстанями, а отже – можна працювати на більших відстанях.

Основними перевагами охолоджуваних тепловізорів є:

просторова роздільна здатність – вони працюють в середньохвильовому діапазоні. Кутова дифракційна межа охолоджуваного тепловізора має порядок 0,08 мрад (близько 0,004 градуса). Використання більш компактної оптики забезпечує охолоджувальним приймачам розширені можливості збільшення. Зазначене забезпечує збільшення робочої дальності спостереження при відповідному звуженні поля зору [3]. В неохолоджуваних тепловізорах розмір комірки також зменшується. На теперішній час стандартним є розмір комірки 17 мкм. З'являється багато пропозицій з розмірами 15 мкм, 12 мкм, 10 мкм, знижуючи вимоги до габаритів оптики;

чутливість до різниці температур. Температурна чутливість неохолоджуваних приймачів поліпшується за рахунок покращення обробки змін опорів комірки. Відповідно запас поліпшення ще значний, тоді як у охолоджувальних тепловізорів запас щодо опрацювання змін провідності комірок спричинить за собою зміни в технології;

спектральна фільтрація;

висока швидкість зміни кадрів зображення. Інертність зміни рівня провідності комірок охолоджуваних приймачів значно нижче, ніж інертність зміни опору комірок неохолоджуваних приймачів.

На зображенні (Рис.1) LWIR – неохолоджувального тепловізора, MWIR – охолоджувального тепловізора на дистанції близько 10 км можна спостерігати, що за сприятливих погодних умов неохолоджувальний тепловізор на великих відстанях забезпечує достатньо детальне зображення як і охолоджувальний тепловізор [12].



Рис.1. Зображення LWIR – неохолоджувального та MWIR – охолоджувального тепловізора

Основними недоліками охолоджуваних тепловізорів є:

досить висока потужність споживання;

тривалий час охолодження. З моменту включення тепловізора та отриманням зображення проходить від декількох до півтора десятка хвилин. Застосовуються два типи кріогенних охолоджувачів, які працюють по циклах Джоуля-Томпсона або Стірлінга. Перший характеризується більш швидким охолодженням (2–5) хвилин і меншим часом напрацювання на відмову (5000–8000) годин безперервної роботи; другий – повільнішим охолодженням (5–15) хвилин і великим часом напрацювання на відмову (6000–12000 годин);

обмежений термін і підвищена вартість експлуатації, викликані терміном напрацювання на відмову охолоджуючого елемента і необхідністю його обслуговувати в процесі експлуатації або зберігання у силу того, що відбувається поступовий витік робочого тіла охолоджувача через ущільнювальні з'єднання;

висока вартість приладу.

Щодо неохолоджуваних тепловізорів.

Коли ІЧ-випромінювання потрапляє на активний термістор, температура його змінюється і відповідно, змінюється опір. Це фіксується електричною схемою і представляється графічно у вигляді зображення. Кількість елементів в матриці може сягати 640x480, тобто 307 200 елементів, а їх лінійні розміри порядку довжини хвилі ІЧ

ISSN 2706-7386

випромінювання (17–25 мкм). Найбільш поширеним є мікроболометр з аморфного кремнію, оксиду ванадію, сплавів різних металів [13].

Основні переваги неохолоджуваних тепловізорів це:

невеликий розмір і вага приймача;

робота практично відразу після включення (5–40) секунд вихід на робочий режим;

невелика потужність, яка забезпечує автономне живлення;

тривалий термін напрацювання на відмову;

невисока вартість;

робочий діапазон більше пристосований для ведення спостереження за об’єктами в умовах впливу атмосферних перешкод.

На зображенні (Рис.2) LWIR – неохолоджувального тепловізора, MWIR – охолоджувального тепловізора.

Наочно показано вплив завад, які виникають від вихлопу двигуна та ускладнених природних атмосферних умов, що погіршують процес розпізнавання об’єктів для охолоджувального тепловізора.

Зазначене виникає внаслідок підвищеної спектральної чутливості у середньохвильовому діапазоні [14]. Неохолоджувальний тепловізор менш чутливий до зазначених вище завад, оскільки поглинання закису вуглецю та азоту впливає в значно меншій ступені на прозорість у довгохвильовому діапазоні.

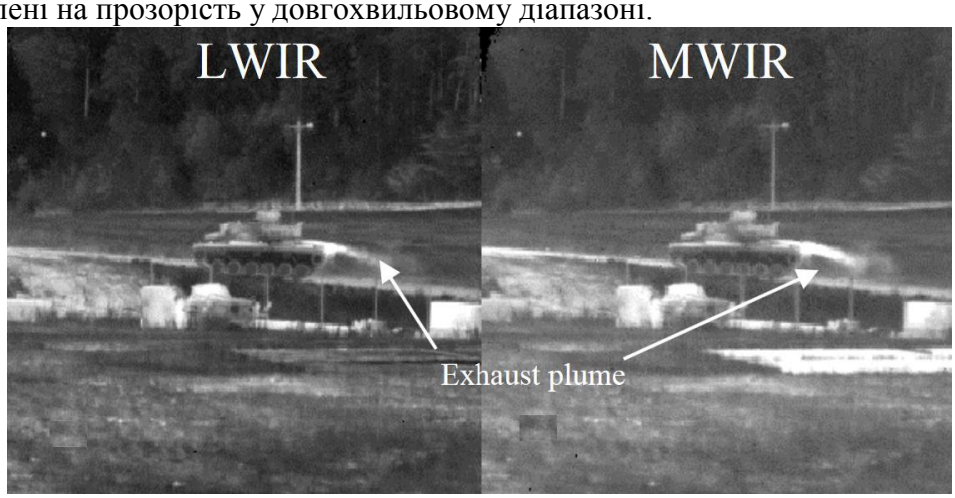


Рис.2. Зображення LWIR – неохолоджувального та MWIR – охолоджувального тепловізора

Основним недоліком неохолоджуваних тепловізорів є – вимога світлосильної оптики. У зв'язку з нижчою просторовою роздільною здатністю і особливостями технології – для правильної роботи терморезистивного ефекту необхідно зібрати і передати на мікроболометр приймача більшу кількість енергії, ніж для фотоелектричного ефекту в охолоджуваних тепловізорах.

З метою забезпечення необхідного рівня співвідношення “сигнал/шум” на виході приймача, застосовується оптика з великим відносним отвором [3].

Технології продовжують розвиватися, вводячи в неохолоджувані тепловізори розширений динамічний контраст. Тим самим покращується чутливість до температури, збільшується частота кадрів, просторова роздільна здатність. Зменшуються вимоги до самої оптики, для стаціонарних застосувань вводиться температурна стабілізація чутливої поверхні приймача за допомогою елемента Пельтьє – ТЕС, збільшується кількість опорних таблиць для різних температур, що застосовуються під час калібрування.

Результати роботи наочно видно на зображеннях: неохолоджуваного тепловізора без динамічного контрасту (Рис.3) та з динамічним контрастом (Рис.4).

ISSN 2706-7386

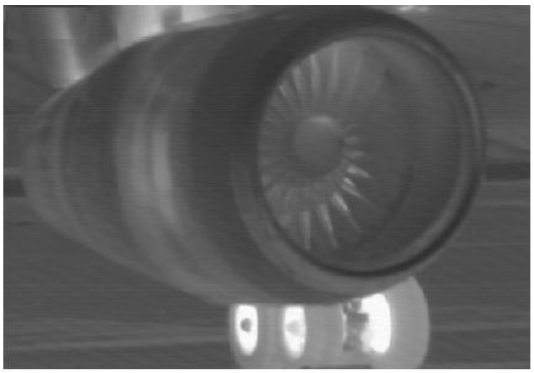


Рис.3. Зображення неохолоджуваного тепловізора без динамічного контрасту

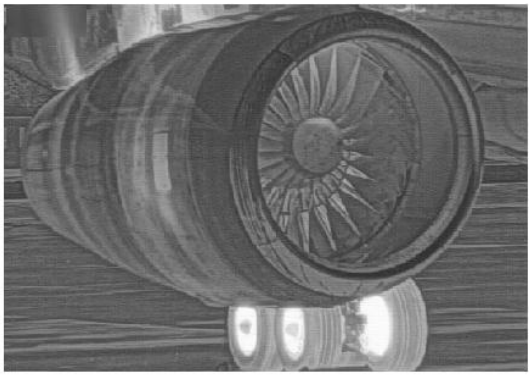


Рис.4. Зображення неохолоджуваного тепловізора з динамічним контрастом

Зазначені вище заходи стосовно розвитку технології неохолоджуваних тепловізорів суттєво розширюють сферу їх застосування для вирішення нестандартних завдань.

Тепловізійна техніка має ряд переваг і можливостей, які властиві тільки їй, а саме:

виявлення віддалених тепло випромінюючих об’єктів незалежно від рівня природної освітленості, а також, теплових або інших перешкод (диму, дощу, туману, снігу, пилу);

можливість цілодобового спостереження;

безшумність і пасивний принцип роботи;

енергоспоживання, малі габарити й велика швидкодія;

можливість цифрової обробки зображення у реальному масштабі часу.

До недоліків тепловізорів слід віднести відносно високу вартість, що є наслідком застосування дорогих матеріалів, передових технологій під час виробництва [3]. Це, у свою чергу, визначає необхідність використання їх кваліфікованим персоналом.

Досвід створення озброєння зазначає, що мультиспектральний оптико-електронний прилад в ідеалі повинен мати тільки один об'єктив і тільки один багатоспектральний приймач на весь діапазон довжини хвиль, що цікавить користувача, яким би широким він не був.

Варіанти побудови багатофункціональних мультиспектральних систем дозволяють з упевненістю говорити про широкі можливості, які відкриваються для проєктувальників, що створюють оптико-електронні прилади, призначені для роботи на певних частотах у всіх діапазонах електромагнітного спектру і поєднують у собі максимальну кількість переваг відомих вузькоспектральних приладів спостереження.

Конструктивним рішенням мультиспектральних систем запропоновано розміщення в одному приладі декількох рознесених каналів, що вирішують задачі спостереження в різних режимах, так і завдання вимірювання дальності.

Проєктування багатоспектральних оптико-електронних приладів (телевізійних, тепловізійних) у габаритних розмірах існуючих прицілів стрілецької зброї та бойових машин можливо лише за нестандартних рішень суміщення каналів різних спектральних діапазонів.

Висновки. Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що тепловізійна техніка стає необхідним компонентом комплексу системи безпеки і на сьогодні активно застосовується як високоефективний засіб ведення спостереження та прицілювання.

Ефективне використання тепловізора визначається раціональністю вибору конкретної моделі або модифікації в залежності від умов застосування.

Неохолоджувальний і охолоджувальний тепловізор – доволі різні за конструкцією і складом елементів прилади, що призначені для виконання різних типів задач, та кожен з них має свої переваги та недоліки, тому і сфери їх застосування та економічна доцільність застосування у різних сферах – різні.

Охолоджувальні тепловізори забезпечують більшу дистанцію виявлення та розпізнавання об'єктів. У той же час, вони є більш чутливими до впливу складних природних умов.

Неохолоджувальні тепловізори більш стійкі до впливу різноманітних завад та складних природних умов і мають значно нижчу вартість.

Для функцій виявлення і спостереження достатньо мати на озброєнні неохолоджувані тепловізори (приціли і прилади спостереження бойових машин). Для ведення ж розвідки, спостереження, здійснення цілевказівок, коригування дій підрозділів в ході ведення бойових дій – не обійтися без переваг охолоджуваного тепловізора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Как работают тепловизионные системы [Електронний ресурс] / Научно-производственный центр антитеррористической и криминалистической техники. – Режим доступу :http://www.spektr-at.ru/catalogue/teplo/howto.html.
2. Тепловизоры. Принцип работы. Испытательная лаборатория теплового неразрушающего контроля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://aosyst.kz/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=69.
3. Аналіз розвитку та застосування тепловізовізорів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.trimen.com.ua/ua/blog/analiz-rozvytku-ta-zastosuvannia-teplovizoriv.html.
4. Колючкин В.Я. Тепловизионные приборы и системы: учеб. пособие / В.Я. Колючкин, Г.М. Мосягин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 60 с.
5. Роль і характеристики тепловізовізорів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukr.media/science/1371/.
6. Колобродов В.Г. Тепловізійні системи (фізичні основи, методи проектування і контролю, застосування) / В.Г Колобродов, Н. Шустер // Підручник для вузів. – К.: Тираж, 1999. – 340 с.
7. Основні характеристики тепловізорів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.astena.ru/tpl_3.html.
8. Волков В.Г. Тепловизионные приборы нового поколения / В.Г. Волков, А.В. Ковалев, В.Г. Федчишин // Специальная техника. – 2001. – Вып. № 6. – С.16–21.
9. Колобродов В.Г. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження / В.Г. Колобродов, М.І. Лихоліт. – Київ: НТУУ "КПІ", 2007. – С. 363.
10. Коротаев В.В. Основы тепловидения [Електронний ресурс] / В.В. Коротаев, Г.С. Мельников, С.В. Михеев, В.М. Самков, Ю.И. Солдатов. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 122 с. – Режим доступу: http://oeps.ifmo.ru/uchebn/ thermography.pdf.
11. Тепловизоры: справочник / Л.З. Криксунов, Г.А. Падалко. – К.: Техника, 1987. – 164 с.
12. Багатоелементний тепловізор з високою температурною чутливістю та телевізійною чутливістю кадрів / Ф.Ф. Сизов, О.В. Бехтір, Є.О. Білевич [та ін.] // Наука та інновації. – 2005. – Вип. № 3. – С. 20–33.
13. Мисюк Ю.П. Тепловізори як сучасні інтегровані технічні засоби охорони державного кордону / Ю.П. Мисюк // Світлотехніка та Електроенергетика. – 2011. – Вип. № 3. – С. 43–49.
14. Основы термографии и тепловидения: учебник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://baltech.kz/catalog.php?catalog=164.

Живець Юрій Михайлович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4465-8667
e-mail: Zhivchik09@ukr.net

Yurij Zhivetc
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4465-8667
e-mail: Zhivchik09@ukr.net

ISSN 2706-7386

Шумигай Олександр Вікторович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3699-2323
e-mail: alexandr_sh_75@ukr.net

Єрмоленко Олександр Володимирович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3168-1131
e-mail: morpex1972@ukr.net

Ветошкін Олександр Георгійович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3979-9916
e-mail: agvet@ukr.net

Oleksandr Shumigay
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3699-2323
e-mail: alexandr_sh_75@ukr.net

Oleksandr Yermolenko
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3168-1131
e-mail: morpex1972@ukr.net

Oleksandr Vetoshkin
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3979-9916
e-mail: agvet@ukr.net

EMPLOYMENT OF THERMAL IMAGERS IN WEAPON AIMING SYSTEMS

Y Zhivetc, O Shumigay, O Yermolenko and O Vetoshkin

Currently, in various industries, much attention is paid to the development of thermal imaging equipment. The military industry solves a number of specific tasks with its help and constantly increases its application. But relevant and systematic information for a balanced solution of problems, especially given the current time, is not so much.

The current state of threats to Ukraine's sovereignty and territorial integrity, first of all the ongoing aggression of the Russian Federation, requires the introduction of necessary ways to counter them, improving approaches to the formation of military-technical policy, taking into account the urgent need to update existing weapons and military (special) equipment.

Military usage are the most significant area where thermal imagers are used today. Night time has always been one of the obstacles to conducting combat actions.

Thermal imagers are used by the armed forces as night vision devices to detect heat contrast targets at any time of the day, despite the enemy's use of optical masking devices in the visible range.

The thermal imaging method of control is based on the fact that any processes occurring in nature are accompanied by the absorption and release of heat, changing the internal energy of the body, which in the state of thermodynamic equilibrium is proportional to the temperature of the substance. As a result, the surfaces of physical bodies acquire a specific temperature distribution.

The paper considers the physical basis, the principle of operation of thermal imagers, analyzes the main technical parameters that most affect both their performance and cost, as well as the main advantages and disadvantages of cooled and uncooled thermal imaging systems. Covered areas and options for the use of thermal imagers, as well as problematic issues of their application by units of the Armed Forces of Ukraine revealed areas for further improvement of thermal imagers.

Thermal imaging equipment is becoming a necessary component of the complex of safety systems and is currently actively used as a highly effective means of surveillance. The effective use of a thermal imager is determined by the rationality of choosing a specific model or modification depending on the required technical characteristics.

The relevance of this work lies in the need to introduce fundamentally new concepts for the integration of thermal imaging equipment.

Keywords: *thermal imager, infrared emission, temperature characteristics, resolution, sensitivity, range of detection and recognition.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386

УДК 623.419 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.06

Звигляннич С.М., Орлов С.В., Балабуха О.С. *Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*
Коломійцев О.В. *Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"*
Опенько П.В. *Національний університет оборони України імені Івана Черняховського*

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ КОМБІНАЦІЙ НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРОТИВНИКА, ЩО УРАЖАЮТЬСЯ ПРИ ПЛАНУВАННІ ВОГНЕВИХ УДАРІВ З УРАХУВАННЯМ ПОТОЧНОГО СТАНУ ДАНИХ ОБ'ЄКТІВ

У статті розглянуто пропозиції щодо вибору комбінацій наземних об'єктів противника, що уражаються при плануванні вогневих ударів з урахуванням поточного стану даних об'єктів. Такі об'єкти, як правило, є важливими елементами системи управління військами для всіх видів (родів) військ, а також ключовими об'єктами інфраструктури держави. Об'єкти, що обрані для ураження, розглядаються як система, у якій їхнє функціонування можна характеризувати рівнем та повнотою взаємодії між собою. Подання об'єктів ураження у якості системи дозволяє виділити існуючі зв'язки та характер відношень між цими об'єктами. У загальному вигляді усі зв'язки можна привести до керуючих, функціональних та інформаційних. Пропонується, у залежності від призначення кожного об'єкта в системі загалом, на основі експертної оцінки, врахувати значення того чи іншого зв'язку коефіцієнтом важливості. При цьому, зазначено, що вид зв'язку також визначає вплив об'єктів один до одного. Стан зв'язків може змінюватися у часі, що призводить до зміни становища (значимості) об'єкта у системі. Допущено, що деякими засобами контролю встановлюється можливість наявності зв'язків усіх об'єктів у системі. Такі зв'язки (їх наявність, або відсутність) визначають можливий стан аналізованих об'єктів. Тоді, за припущенням, що процес переходу об'єктів зі стану у стан стаціонарний то, на основі рівнянь Колмогорова, можливо обчислювати ймовірності знаходження об'єктів у аналізованих станах. Відсутність (відновлення) того чи іншого зв'язку є випадковою подією і вносить деяку невизначеність у знання істинного стану об'єкта, що розглядається. Дану невизначеність можна оцінити через ентропію об'єкта. Максимальне значення ентропії досягається при ймовірності знаходження об'єкта у справному (початковому) стані 0,5. Будь-яке інше значення ентропії відповідає двом ймовірностям, що характеризують відповідно два стани об'єкта. Щоб їх розрізняти, введено характеристичну змінну. Значення введеної змінної зростає зі збільшенням ймовірності знаходження об'єкта у справному стані і, відповідно, зменшується із зменшенням даної ймовірності. На потенційну можливість об'єкта виконувати свої функції у системі значний вплив також надає кількість зв'язків, які з'єднують його з іншими об'єктами системи. Пропонується ввести показник "потенціал об'єкта", який поєднує як невизначеність стану об'єкта через введену характеристичну змінну, так і кількість зв'язків, що існують з іншими об'єктами у системі. Тобто, визначаються можливості об'єкта виконувати завдання за призначенням на даному етапі функціонування системи. Проведене ранжування об'єктів у системі за даним показником дозволяє виділити комбінацію, що уражається, яка призводить до максимального зниження якості функціонування системи у цілому. За умови, якщо кількість об'єктів, що входять до системи значна, а кількість виділеного наряду для їх ураження обмежена, то вирішення завдання щодо вибору комбінації об'єктів, що уражаються, стає не тривіальним. У такому випадку, пропонується звести завдання визначення комбінації об'єктів, що уражаються, до завдання розподілу ресурсу, що вирішується методом динамічного програмування. Кількість аналізованих етапів наводиться до кількості об'єктів. У якості ресурсу виступають наряди. Функція збитку виражається через введений показник – потенціал об'єкта. У даному випадку, йдеться про вибір ураженої комбінації об'єктів, що призводить до максимального збитку системи об'єктів щодо її функціонування як єдиного цілого. За умови, якщо уявити функцію збитку через час відновлення після завдання удару, то обрана уражена комбінація об'єктів відповідає меті вогневого удару, що призводить до виведення системи з ладу на максимальний час. Представлені пропозиції щодо вибору комбінацій наземних об'єктів, що уражаються можуть бути використані при розробці комплексів засобів автоматизації системи підтримки прийнятих рішення при плануванні вогневих ударів по об'єктах противника.

Ключові слова: *комбінація, що уражається, об'єкт ураження, час відновлення, функція збитку.*

Постановка проблеми.

Досвід ведення сучасних війн (бойових операцій) та збройних конфліктів дає можливість стверджувати про існуючий факт гострої необхідності надійного та точного

© Звигляннич С.М., Орлов С.В., Балабуха О.С., Коломійцев О.В., Опенько П.В., 2022

ураження як об’єктів системи управління військами, так і ключових об'єктів державної інфраструктури.

Ураження даних стратегічних об’єктів (об’єктів системи управління військами та ключових об'єктах державної інфраструктури) здійснюється завдяки широкого застосування високоточної зброї (ВТЗ) та використання сучасних розвідувальних систем [1].

Для прийняття раціональних рішень, що спрямовані на підвищення ефективності вогневих ударів, що заплановані, потрібна кількісна оцінка відповідних рішень, на яких ґрунтується планування бойових операцій. Обґрунтованість прийнятих рішень під час планування вогневих ударів багато в чому визначається вибраними відповідними методами щодо досягнення поставленої мети [2].

Зведення завдання вибору оптимального рішення при плануванні вогневого удару до стандартної задачі розподілу ресурсів, що вирішується методом динамічного програмування, дає підставу вважати, що при заданих вихідних даних можливо отримати оптимальне рішення з ряду можливих.

Даний підхід дозволяє обґрунтовано стверджувати про актуальну необхідність автоматизації процесу прийняття рішень (системи підтримки прийняття рішень (СППР)) при плануванні вогневих ударів [3] по наземним стратегічним об’єктам противника.

Метою статті є розробка пропозицій щодо вибору комбінації наземних стратегічних об’єктів, що уражаються при плануванні вогневого удару по цих об’єктах з урахуванням їх поточного стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На сьогодні, для вирішення завдань щодо ураження наземних стратегічних об’єктів (важливих елементів військової (державної) інфраструктури) планується широке застосування різних систем ВТЗ.

Слід зазначити, що практично у всіх відомих публікаціях при розгляді ВТЗ, як ефективної зброї (про її бойові можливості). Однак, питання щодо раціонального застосування такого озброєння практично не розкрито.

Для прийняття раціональних рішень, що спрямовані на підвищення ефективності застосування ВТЗ потрібна кількісна оцінка відповідних рішень, що ґрунтуються на основі планування бойових операцій.

Виклад основного матеріалу.

Відомо, що при плануванні вогневого ураження по груповому об'єкту ставиться завдання нанесення противнику прогнозованого збитку. Тобто, об'єкти для ураження обираються вибірково [4]. Отже, для визначення даної вибірковості, об'єкти, що уражаються, можливо розглянути як систему – сукупність елементів, зв'язків та відношень між ними.

При цьому, існуючі зв'язки можна привести до одного із трьох типів:

- керуючі зв'язки;
- функціональні зв'язки;
- інформаційні зв'язки.

У свою чергу відношення між елементами системи визначаються типом зв'язку [5]. Слід зазначити, що якість зв'язків та відношень між об'єктами у системі можуть змінюватися за часом. Вважається, що здійснюється постійний моніторинг стану системи, об'єкти якої необхідно вразити.

Груповий об'єкт можна представити у вигляді складної системи – сукупність об'єктів (елементів системи), що пов'язані деяким чином між собою. Відношення між елементами-пунктами управління можливо визначити за зазначеними типами зв'язків.

Тоді, вихідними даними визначаються ймовірності наявності та відновлення зв'язку між і-им та j-им об'єктами системи в аналізований період часу – відповідно для усіх типів зв'язків.

Припущення – дані ймовірності визначаються на основі аналітичної обробки інформації, що надходить від постійного моніторингу стану групового об'єкта.

Залежно від призначення кожного об'єкта в системі у цілому, на основі експертної

оцінки можливо врахувати значення того чи іншого зв'язку коефіцієнтом важливості k_{ij}, що приймає значення у діапазоні від 0 до 1.

Можливі стани об'єкта з урахуванням зв'язків.

Нехай об'єкт 2 має керуючі зв'язки з 1 та 3 об'єктами системи (Рис.1). Тоді, на рисунку 2 представлено усі можливі стани 2-го об'єкта. При цьому, інтенсивності переходів можна порівняти з ймовірностями відмови і відновлення функціонування існуючих зв'язків з урахуванням коефіцієнта їх важливості.

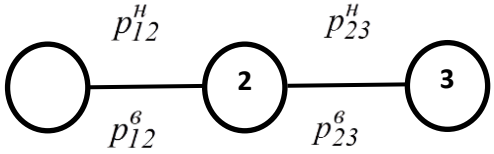


Рис.1. Положення об'єкту 2

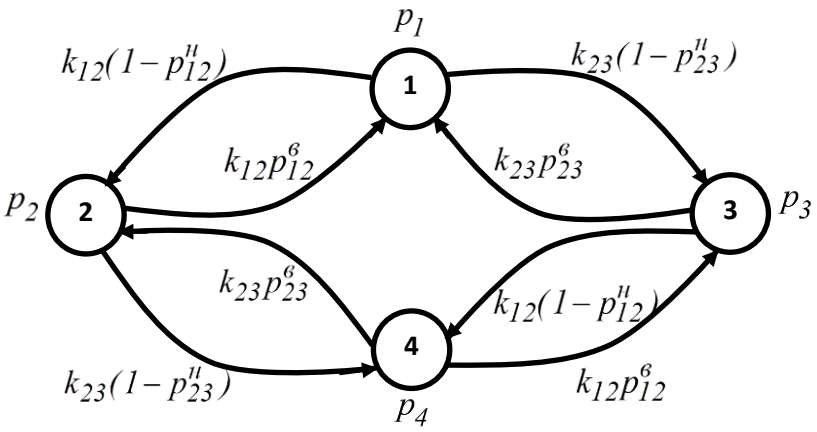


Рис.2. Можливі стани об'єкту 2

Нехай процес переходу зі стану у стан є стаціонарним. Тоді рівняння Колмогорова [6] можливо записати наступним чином:

$$\begin{aligned}
&p_2k_{12}p_{12}^{в}+p_3k_{23}p_{23}^{в}-p_1k_{12}(1-p_{12}^{н})-p_1k_{23}(1-p_{23}^{н})=0,\\
&p_1k_{12}(1-p_{12}^{н})+p_4k_{23}p_{23}^{в}-p_2k_{12}p_{12}^{в}-p_2k_{23}(1-p_{23}^{н})=0,\\
&p_1k_{23}(1-p_{23}^{н})+p_4k_{12}p_{12}^{в}-p_3k_{23}p_{23}^{в}-p_3k_{12}(1-p_{12}^{н})=0,\\
&p_2k_{23}(1-p_{23}^{н})+p_3k_{12}(1-p_{12}^{н})-p_4k_{23}p_{23}^{в}-p_4k_{12}p_{12}^{в}=0.
\end{aligned} \tag{1}$$

З урахуванням того, що у даний момент часу пункт управління може знаходитися тільки в одному з перерахованих станів, можливо записати нормувальну умову:

$$p_1+p_2+p_3+p_4=1. \tag{2}$$

Вирішуючи систему рівнянь (1) з урахуванням (2), можливо знайти ймовірності: p_1, p_2, p_3, p_4.

Відсутність (відновлення) того чи іншого зв'язку є випадковою подією і вносить деяку невизначеність у знання істинного стану аналізованого об'єкта. Дану невизначеність можливо оцінити за допомогою ентропії [12]:

$$H_{(2)}=\sum_{i=1}^{4}p_i\log\frac{1}{p_i}. \tag{3}$$

На рисунку 3 наведено залежність ентропії об'єкта від ймовірності знаходження його у справному вихідному стані.

ISSN 2706-7386

Максимальне значення ентропії досягається при ймовірності знаходження об'єкта у справному (вихідному) стані, що дорівнює 0,5. Для певності мова йде про об'єкт 2, який приведено вище.

Будь-яке інше значення ентропії відповідає двом ймовірностям, які характеризують відповідно два стани об'єкта. Для того, щоб їх розрізнити введено характеристичну змінну:

$$q_2 = \frac{P_2^u}{H_{(2)}}. \tag{4}$$

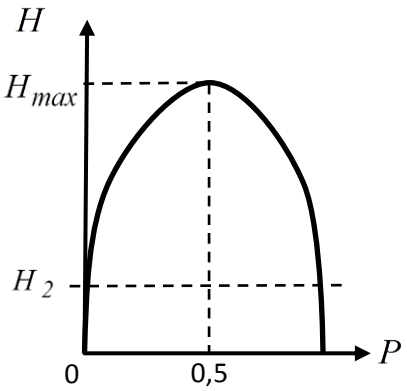


Рис.3. Ентропія об'єкту

Значення введеної змінної зростає зі збільшенням ймовірності знаходження об'єкта у справному стані і, відповідно, зменшується зі зменшенням даної ймовірності.

На потенційну можливість об'єкта виконувати свої функції у системі значний вплив, також, надає число зв'язків, що з'єднують його з іншими об'єктами системи.

Отже, модель системи можливо уявити у вигляді орграфу [8]:

$$G(V(G), E(G)), \tag{5}$$

де *V(G)* – непуста кінцева множина елементів, що звуться вершинами (об'єкти);
E(G) – кінцеве сімейство впорядкованих пар елементів з *V(G)*, що є орієнтованими ребрами (існуючі зв'язки).

Кожна *i*-та вершина орграфу має ступінь – число інцидентних ребер S_i.

Введено показник, який залежить від наявності певних типів зв'язку даного об'єкта, що існує з іншими об'єктами системи з урахуванням введених раніше $p_{ij}^н, p_{ij}^в$ для усіх типів зв'язків.

Для визначеності $p_{1ij}^н, p_{1ij}^в$ характеризують зв'язок з керування, відповідно, $p_{2ij}^н, p_{2ij}^в$ – функціональні зв'язки, $p_{3ij}^н, p_{3ij}^в$ – інформаційні зв'язки:

$$K_i = S_i\left(\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{3} a_{kj}\, p_{kij}^н\, p_{kij}^в\right), \tag{6}$$

де *n* – кількість об'єктів у системі,

$$a_{kj} = \begin{cases} 1, & якщо\ зв'язок\ з\ j-м\ об'єктом\ є \\ 0, & якщо\ немає \end{cases}.$$

Отже, якість кожного об'єкта, його потенційну можливість функціонування у системі у цілому, можливо оцінити наступним показником – системним потенціалом об'єкта:

$$\varphi_i^o = K_i q_i., \tag{7}$$

Тоді, сумарний системний потенціал системи можливо записати наступним чином:

ISSN 2706-7386

$$\Phi_S = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i^o \ . \tag{8}$$

де n – кількість об'єктів, що входять до системи.

Ранжування об'єктів, що входять до системи, за значенням φ_i^o, можливо провести наступним чином (Рис.4).

Визначено "вагу" кожного об'єкта та його внесок у процес функціонування системи:

$$u_i^o = \frac{\varphi_i^o}{\Phi_S} 100\% \ . \tag{9}$$

Після виходу з ладу, відновлення готовності кожного об'єкта системи можливо характеризувати деяким часом відновлення t_i^o (Рис.5).

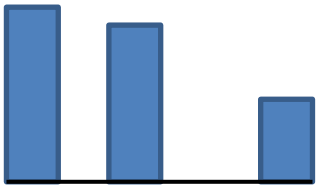


Рис.4. Ранжований ряд за значенням u_i^o

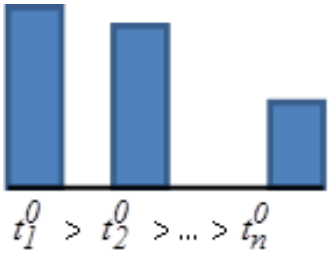


Рис.5. Ранжований ряд за значенням t_i^o

Проведемо ранжування об'єктів системи за значенням часу відновлення готовності. Тоді, на основі аналізу значень u_i^o, t_i^o, з'являється можливість здійснювати формування ураженої комбінації об'єктів при плануванні удару по даній системі об'єктів.

Залежно від цілей операції, вибір об'єктів для ураження можна проводити з урахуванням рівня збитку, який виражається через сумарну вагу u_i^o вибраних об'єктів.

При цьому, визначається і прогнозований час відновлення готовності всієї системи до функціонування як сума часу відновлення готовності для обраних об'єктів у комбінації, що уражається.

За умови, якщо кількість об'єктів, які входять до системи вагомо, а наряд, що виділяється, обмежений, то вирішення задачі вибору ураженої комбінації стає не тривіальною.

Отже, задачу визначення ураженої комбінації об'єктів зведено до завдання розподілу ресурсу, який вирішується методом динамічного програмування. Кількість етапів, що розглядаються, приведено до кількості об'єктів – n. У якості ресурсу виступають наряди.

Управління X полягає у розподілі нарядів по об'єктах таким чином, щоб при:

$$X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\},$$

$$W = \sum_{i=1}^{n} \mu_i(x_i) \Rightarrow max, \quad (10)$$

де x_i – запланована кількість наряду по *i*-му об'єкту;

$\mu_i(x_i)$ – функція збитку, що виражається через потенціал об'єкта у системі φ_i^o, або ж через "вагу" об'єкта u_i^o.

У даному випадку йде мова про вирішення завдання щодо нанесення максимального збитку системі об'єктів у плані її функціонування як єдиного цілого.

За умови, якщо уявити функцію збитку через час відновлення після удару x_i наряду по *i*-му об'єкту, тоді метою вогневого удару є виведення системи з ладу на максимальний час.

Наведені пропозиції щодо визначення комбінації об'єктів, що уражається можуть бути використані при розробці засобів автоматизації СППР з ураженням стратегічних наземних об'єктів противника.

Висновки.

Таким чином, запропоновано, у залежності від призначення кожного об'єкта у системі загалом, на основі експертної оцінки, врахувати значення того чи іншого зв'язку коефіцієнтом важливості. Зазначено, що вид зв'язку також визначає вплив об'єктів один до одного. Стан зв'язків може змінюватися у часі, що призводить до зміни становища (значимості) об'єкта у системі.

Представлені пропозиції щодо визначення комбінації об'єктів, що уражається можуть бути використані при розробці комплексів засобів автоматизації системи підтримки прийнятих рішення при плануванні вогневого удару по наземних стратегічних об'єктах (об'єктах системи управління військами та ключових об'єктах державної інфраструктури) з урахуванням їх поточного стану.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Звигляніч С.М. Вибір раціонального варіанту проведення повітряної розвідки безпілотними літальними апаратами / С.М. Звигляніч, М.П. Ізюмський, С.В. Орлов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України. – Х.: ХУПС, 2018. – Вип. № 4(33). – С. 21–27.

2. Бойко А.А. Способ аналитического моделирования боевых действий / А.А Бойко. // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – Вып. № 2. – С. 1–27.

3. Рулько Е.В. Подход к имитации процесса принятия решений в системе моделирования военных действий / Е.В. Рулько // Системный анализ и прикладная информатика. – 2017. – Вып. № 1. – С. 49–55.

4. Писарук Н.Н. Исследование операций / Н.Н. Писарук. – Минск: БГУ, 2015. – 304 с.

5. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалаврата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов и др.; под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 449 с.

6. Гладких Б.А. Методы оптимизации и исследование операций для бакалавров информатики. Ч. I. Введение в исследование операций. Линейное программирование: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2009. – 200 с.

7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. 3-е изд., перераб. и доп.. – М.: Академия, 2003. – 464 с.

8. Горячева Т.И. Теория информации в системах связи: учеб. пособие / Т.И. Горячева, В.Р. Милов. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 247 с.

9. Коломійцев О.В. Результати моделювання за методом максимальної правдоподібності для оптимальної оцінки координат цілі / О.В. Коломійцев, В.Є. Кудряшов, І.В. Мельников,

Ю. О. Клеванний // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – Вип. № 1. – С. 130–135. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2014_1_30.

10. Aloshin G. The method of parameters optimization of the multifunctional laser information-measuring system on the multiplicity of signals, structures and technical parameters / G. Aloshin, O Kolomiitsev, O.Kuleshov, K. Kulagin, A.Tkachev // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХНУПС, 2018. – Вип. № 1(30). – С. 73–79.

11. Звигляніч С.М. Імітаційна модель оцінювання живучості мобільних комплексів озброєння / С.М. Звигляніч, О.В. Коломійцев, М.П. Ізюмський, О.С. Балабуха, Б.М. Крук, В.Ф. Третяк // Scientific Collection "InterConf", (35): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Experimental and Theoretical Research in Modern Science" (November 16-18, 2020). Kishinev, Moldova: Giperion Editura, 2020. – PP. 685–695.

Звигляніч Сергій Миколайович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0003-2419-8093

Орлов Сергій Володимирович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3840-4089

Балабуха Олексій Сергійович
кандидат технічних наук провідний науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-5263-9485

Коломійцев Олексій Володимирович
заслужений винахідник України, доктор технічних наук, професор, професор кафедри Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0001-8228-8404
e-mail: Alexus_k@ukr.net

Опенько Павло Вікторович
кандидат технічних наук, старший дослідник, начальник науково-дослідного відділу застосування авіації та протиповітряної оборони інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України ім. Івана Черняховського, м. Київ, Україна
http://orcid.org/0000 -0001-7777-5101

Sergey Zviglyanich
Candidate of Technical Sciences, Senior Research Associate, Senior Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-2419-8093

Serhii Orlov
Candidate of Technical Sciences, Senior Research Associate, Lead Researcher Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/ 0000-0003-3840-4089

Oleksii Balabukha
Candidate of Technical Sciences, Leading Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-5263-9485

Oleksii Kolomiitsev
Honored Inventor of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of National Technical University is the "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-8228-8404
e-mail: Alexus_k@ukr.net

Pavlo Openko
Candidate of Technical Sciences, Senior researcher, the Head of the Scientific-research Department of the Aviation and Air Defence Institute of the National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine
http://orcid.org/0000 -0001-7777-5101

ISSN 2706-7386

SUGGESTION ON THE CHOICE OF COMBINATIONS OF ENEMY'S GROUND OBJECTS BEING STRUCK AT PLANNING OF FIRE STRIKES TAKING INTO ACCOUNT CURRENT STATUS OF THESE OBJECTS

S Zviglyanich, S Orlov, O Balabukha, O Kolomiitsev and P Openko

The article discusses suggestion to solving the problem of choosing a target combination when planning fire strikes against enemy targets. As a rule, such objects are important elements of C2 system for all services and branches of troops, as well as key infrastructure facilities of the state. It is reasonable to consider the objects selected for destruction as a system in which their functioning can be characterized by the level and completeness of interaction with each other. Representation of targets as a system allows you to highlight the existing connections and the nature of the relationship between these objects. In general, all connections can be reduced to control, functional and informational. It is proposed, depending on the purpose of each object in the system as a whole, on the basis of an expert assessment, to take into account the value of a particular relationship by the coefficient of importance. Note that the type of connection also determines the relationship of objects to each other. The state of links can change over time, thereby changing the position (significance) of an object in the system. Let us assume that some means of control establish the probability of the presence of connections of all objects in the system. Such connections (their presence or absence) determine the possible state of the objects under consideration. Then, making the assumption that the process of transition of objects from state to state is stationary, on the basis of the Kolmogorov equations, the probabilities of finding objects in the states under consideration are calculated. The absence (restoration) of any given connection is a random event and introduces some uncertainty in the knowledge of the true state of the object under consideration. Let us estimate this uncertainty in terms of the object's entropy. The maximum value of entropy is achieved when the probability of finding an object in a working (initial) state is equal to 0.5. Any other value of entropy corresponds to two probabilities characterizing, respectively, two states of the object. In order to distinguish them, we introduce a characteristic variable. The value of the introduced variable increases with an increase in the probability of finding an object in good condition and, accordingly, decreases with a decrease in this probability. The potential of an object to perform its functions in the system is also significantly influenced by the number of connections connecting it with other objects in the system. It is proposed to introduce the indicator "potential of the object". This indicator combines both the uncertainty of the state of an object through the introduced characteristic variable and the number of connections with other objects in the system. In other words, it determines the ability of the object to fulfill its purpose at this stage of the system's functioning. The ranking of objects in the system according to this indicator makes it possible to single out the affected combination, which leads to a maximum decrease in the quality of the functioning of the system as a whole. Determining the combination to be hit can also be based on a ranged number of objects by the time to restore their readiness, while setting the requirement to maximize the required time to restore the readiness of the functioning of the system as a whole. If the number of objects included in the system is significant, and the number of combat units allocated for their destruction is limited, then the solution to the problem of choosing the combination to be hit becomes not trivial. In this case, it is proposed to reduce the problem of determining the target combination to the problem of resource allocation, which is solved by the method of dynamic programming. The number of stages considered is reduced to the number of objects. Combat units act as a resource. The damage function is expressed through the entered indicator - "object potential". In this case, we are talking about the choice of the affected combination, which leads to the maximum damage to the system of objects in terms of its functioning as a whole. If we imagine the function of damage after the recovery time after the strike, then the selected combination to be hit corresponds to the target of the fire strike, leading to the incapacitation of the system for the maximum time. The presented approaches to the determination of the target combination can be used in the development of automation tools for the decision support system when planning fire strikes against enemy target.

Keywords: *combination affected, target, recovery time, damage function.*

ISSN 2706-7386

УДК 622.2-397(237.3-381) DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.07

Каплюк О.М., Нікітченко В.І., Кірдей Л.М., *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*
Терновський А.Ю., *Національний університет оборони України імені Івана Черняховського*
Брайко В.В., *Товариство з обмеженою відповідальністю "Науково-виробнича фірма "Адрон"*

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИБУХУ ТЕРМОБАРИЧНОГО БОЄПРИПАСУ

На основі аналізу методів визначення термодинамічних показників вибуху індивідуальних і сумішевих вибухових речовин запропоновані удосконалені розрахунки і методики визначення основних термодинамічних параметрів вибуху термобаричного боєприпасу, таких як: теплота вибуху, об'єм газоподібних продуктів, що утворюються, температура і радіус високотемпературної області, надлишковий тиск у фронті ударної хвилі і його швидкісь. Особливістю удосконалених розрахунків і методик є врахування фізичних особливостей вибуху термобаричної вибухової речовини.

Ключові слова: *термобаричний боєприпас, термобарична вибухова речовина, термодинамічні показники вибуху, особливості вибуху термобаричної вибухової речовини.*

Постановка проблеми.

Декілька останніх десятиліть свідчать про появу великої кількості систем озброєння. Більшість бойових частин (БЧ), що використовуються в теперішній час, для ураження цілей використовують вибухові речовини (ВР) з метою формування осколкового поля чи кумулятивного струменя. До недавнього часу тільки окремі БЧ визначали вибух як основний фактор ураження. Але нові технології дозволили розробити БЧ, які мають покращені характеристики вибуху і використовують його як один з основних методів впливу на ціль, це - термобаричні бойові частини (ТБЧ).

Для спорядження ТБЧ використовують ТВР, що являють собою суміші індивідуальних вибухових речовин (гексоген, октоген тощо), палива (роль палива виконує хімічно активний металевий порошок з високою потенційною енергією) та інертних речовин. Термобаричні вибухові речовини (ТВР) здатні демонструвати значно триваліший час існування зони надлишкового тиску і температури, за рахунок більш тривалого процесу виділення енергії вибухового перетворення.

Сумішеві ТВР, до складу яких входять декілька індивідуальних ВР з додаванням різноманітних добавок розробляються для отримання специфічних властивостей термобаричного боєприпасу (ТБ), таких як: зниження чуттєвості до механічного впливу, підвищення теплоти вибуху тощо.

Боєприпаси споряджені сумішевими (багатокомпонентними) ТВР мають багато переваг перед боєприпасами спорядженими звичайними ВР. Вони більш економічні (дешевші у виготовленні), більш безпечні при застосуванні та дають змогу регулювати термодинамічні характеристики, а також склад продуктів вибуху, це дає можливість підібрати оптимальне наповнення ТБ для виконання конкретних завдань.

Процес вибуху сумішевих ТВР проходить у дві стадії. У першій стадії відбувається вибухове розкладання (газифікація) одного або декількох компонентів. У другій стадії, в процесі розширення і турбулентного змішування з киснем навколишнього повітря відбувається взаємодія компонентів розкладання (газифікації) між собою та з іншими частинами компонентів, які не розклалися на першій стадії (наприклад, металів) [1]. Основна частина енергії виділяється на другій стадії, у зв'язку з вторинними реакціями взаємодії в газовій фазі.

© Каплюк О.М., Нікітченко В.І., Кірдей Л.М., Терновський А.Ю., Брайко В.В., 2022

При визначенні термодинамічних параметрів вибуху ТБ можливо користуватися розрахунками і методиками визначення характеристик звичайних індивідуальних і сумішевих ВР, якими споряджаються фугасні боєприпаси. Але, зважаючи на суттєві відмінності процесу протікання термобаричного вибуху для достовірної оцінки бойових характеристик ТБ, доцільно провести уточнення розрахунків і методик визначення термодинамічних параметрів продуктів вибухового перетворення ТВР.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Зважаючи на широкий спектр застосування ТВР у БЧ різноманітних типів озброєння, [2–7] можна зробити висновок про перспективи розвитку боєприпасів на основі ТВР.

Тому, в наш час, проводиться велика кількість теоретичних і практичних досліджень, для того, щоб зрозуміти і описати процес реакції часток палива у складі ТВР з газоподібними продуктами детонації і окреслити оптимальні умови, необхідні для повного використання палива під час детонації ТБ. Кінцевий склад суміші повинен являти собою компроміс між швидкістю реакції, оптимальним розподілом палива, не окислених продуктів детонації і здатністю ініціювати горіння суміші металевого палива і повітря. Процес вибуху повинен бути достатньо повільним, щоб розсіяти порошок металевого палива, але достатньо швидким, щоб гарантувати безперервність процесу горіння. Якщо процес буде занадто швидким, то паливо розсіється надмірно великим радіусом, а згенерована теплова хвиля занадто мала, щоб ініціювати подальше окислення частин палива [8, 9].

Основна мета цих перспективних досліджень в тому, щоб “змусити” частини металевого палива згорати повністю і з достатньою швидкістю, щоб енергія, котра виділяється, могла повністю використовуватися під час вибуху (на анаеробній стадії для посилення вибухової хвилі, а на аеробній стадії для підвищення температури і тиску вогняної кулі).

Однак, це завдання вирішити не просто, адже на сьогодні не існує надійного кількісного методу для визначення чи навіть оцінки реальної кількості палива, яке дійсно згоріло і використовувалось ефективно під час всього процесу детонації. А це ускладнює роботи по оптимізації складу ТВР і робить дослідження щодо оцінки термодинамічних характеристик ТБ довшими і більш затратними.

Ряд дослідників, намагалися усунути ці недоліки шляхом покращення обробки існуючих компонентів ТВР та пошуком нових [10]. Одним із таких методів обробки матеріалів являється процес зменшення розміру їх часток за допомогою технологій подрібнення. Тут варто зазначити, що дрібні частини, зазвичай, більш реакційно здатні, ніж відносно великі, тому процес пошуку оптимального розміру і форми часток металізованого порошку є одним з методів покращення показників вибуху ТБ.

На теперішній час на заміну алюмінію в складі ТВР почали розглядати бор: він має вищу теплоту згорання в порівнянні з алюмінієм і багатьма іншими металічними видами палива.[11]. Інші дослідники [12] вивчали можливість використання суміші бору і алюмінію в складі композиції гексогену і гуми.

Ще одним кроком у покращенні характеристик ТБ буде подолання природного “захисного” шару частинок бору і алюмінію – оксиду бору і оксиду алюмінію, що ззовні окутують частинки палива і ускладнюють процес запалення алюмінію і бору. З метою подолання цієї проблеми можуть бути застосовані більш активні метали, такі як магній – для покращення температури запалення і часу згорання. [10].

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми.

Таким чином, різноманітність сучасних підходів до створення ТВР спонукає розвиток методичного апарату щодо оцінки термодинамічних показників сучасних ТБ.

Мета статті.

У статті запропоновано розрахунки і методики визначення основних термодинамічних параметрів вибуху ТБ а саме: теплота вибуху, об’єм газоподібних продуктів, що утворюються, температура і радіус високотемпературної області,

ISSN 2706-7386

надлишковий тиск у фронті ударної хвилі (ФУХ) і його швидкість з урахуванням фізичних особливостей ТВР.

Виклад основного матеріалу.

Виходячи з фізики термобаричного вибухового перетворення, основними термодинамічними параметрами вибуху ТБ, що впливають на його бойові характеристики є: теплота вибуху, об'єм газоподібних продуктів, що утворюються, температура і радіус високотемпературної області, надлишковий тиск у ФУХ і його швидкість.

Теплота вибуху являється однією з базових характеристик будь-якої ВР, так як, визначає її вибухові і детонаційні характеристики. Під нею розуміють кількість тепла, яке виділяється під час вибуху одного кілограма вибухової суміші.

Визначення теплоти вибуху базується на термохімічному законі Гесса. У відповідності з ним тепловий ефект вибуху залежить не від шляху реакції, а тільки від початкового і кінцевого стану системи [13] (Рис.1).

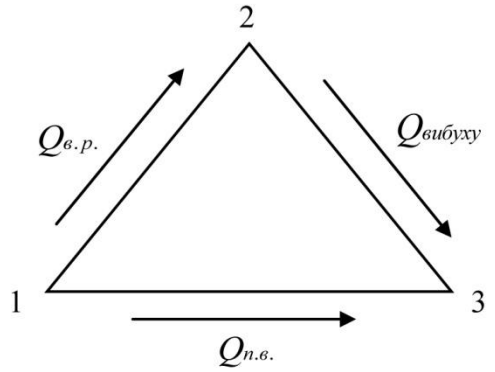


Рис.1. Схематичне зображення закону Геса

Виходячи з цього, теплота вибуху ($Q_{вибуху}$) дорівнює різниці теплоти утворення продуктів вибуху ($Q_{п.в.}$) і вихідної ВР ($Q_{в.р.}$):

$$Q_{вибуху} = Q_{п.в.} - Q_{в.р.}$$

Теплота вибуху однієї конкретної ВР у суміші визначається по формулі:

$$Q_1 = \frac{Q_{вибуху} \times 1000}{m_{BP}}, \quad (1)$$

де m_{BP} – номінальна маса ВР.

Для одного кілограма сумішевої ТВР формула (1) приймає вигляд:

$$Q_1 = \frac{q_1 n_1 + ... + q_n n_n - (Q_1 n_1 + ... + Q_n n_n)}{N_1 m_1 + ... + N_n m_n},$$

де $q_1 ... q_n$ – теплота утворення продуктів вибуху; $N_1 ... N_n$ – число молів продуктів вибуху; $Q_1 ... Q_n$ – теплота утворення продуктів вибуху сумішевої ТВР; $m_1 ... m_n$ – число кіло молів компонентів в одному кілограмі термобаричної суміші.

При розрахунку теплоти вибуху необхідно завжди знати кінцевий стан продуктів вибуху. В існуючих методах розрахунку теплоти вибуху розглядаються два можливих значення $Q_{вибуху}$, що відповідають поточним станам продуктів вибуху:

на початковій стадії вибуху, тобто в самій детонаційній хвилі після завершення реакцій вибухового перетворення ВР;

при розширенні продуктів вибуху до моменту зрівняння їх тиску з тиском оточуючого середовища.

Відповідно до цих станів продуктів вибуху теплота вибуху може бути "детонаційна" і "фугасна".

ISSN 2706-7386

Однак значення цих теплот вибуху не являються константами, що характеризують енергетику ВР. Детонаційна теплота залежить від тиску в детонаційній хвилі, а фугасна - від умов протікання процесу розповсюдження продуктів вибуху, тобто від тиску в середовищі детонаційної хвилі.

Виходячи з вищесказаного, у фазах вибуху в якості критерію теплового ефекту вибуху ТВР необхідно розглядати теплоту вибуху, що відповідає максимально можливому тепловому ефекту $Q_{\max}$, який досягається при утворенні найвищих оксидів горючих компонентів у складі ВР (водню, вуглецю, металів). Величина $Q_{\max}$ являється величиною постійною і залежною тільки від складу ВР.

Об'єм газоподібних продуктів вибуху визначається по реалізації вибухового перетворення ТВР на основі закону Авогардо, згідно з яким об'єм, що займає один моль газу при температурі 0ºС і тиску $1{,}01*10^5$ Па, дорівнює 22,4 л.

Звідси вираз для визначення об'єму продуктів вибуху ($м^3$/кг) для одного моля індивідуальної вибухової речовини має вигляд[14]:

$$V_{п.в.} = \frac{22,4(n_1 + n_2 + ... + n_n)}{M_{в.в.}}, м^3/кг, \quad (2)$$

де $M_{в.в}$ – молекулярна маса вибухової речовини, г моль;

$n_1, n_2, ...$ – кількість грам-молекул газоподібних продуктів вибуху.

ТВР якими споряджаються сучасні ТБ є сумішевими багатокомпонентними сполуками, тому формула (2) приймає наступний вигляд:

$$V_{п.в.} = \frac{22,4(n_1 + n_2 + ... + n_n)}{M_1 m_1 + M_2 m_2 + ... + M_n m_n}, м^3/кг,$$

де $m_1, m_2, ...$ – кількість грам-молекул складових частин ТВР;

$M_1, M_2, ...$ – молекулярні маси складових частин ТВР.

Температуру і радіус високотемпературної області, що утворюється в наслідок вибуху ТБ доцільно оцінювати як розрахунковим методом так і методом натурного експерименту.

Більшість існуючих ТВР все ще засновані на застарілих типах компонентів, і для коректного процесу вибуху потребують підсилюючого заряду. В цьому випадку для розрахунку радіусу високотемпературної області ($R_{обл}$) користуються наступним виразом:

$$R_{обл} = m_y^{\frac{1}{3}}(6,37 + 0,09\frac{m_{ВР}}{m_y}), \quad (3)$$

де m_y - маса підсилюючого заряду, кг;

$m_{ВР}$ - маса ТВР, кг.

Сучасні ТБ зазвичай створюються з використанням термобаричних сумішей, що не потребують підсилюючого заряду, тоді формула (3) приймає наступний вигляд:

$$R_{обл} = m_B^{\frac{1}{3}}(Z + J\frac{m_{ВР}}{m_B}), \quad (4)$$

де m_B - маса вибухової частини в складі заряду ТВР ($m_{ВР}$);

Z, J - коефіцієнти, що визначаються експериментально.

Маса ВР (m_B) визначається виходячи із відсоткового складу компонентів термобаричної суміші.

Вираз (4) був перевірений експериментально на зарядах ТВР без підсилюючого заряду масою до 100 гр.

Температура хмари вибуху ($T_{вибуху}$) ТБ описується температурою вибухового перетворення ТВР якою він споряджений, і визначається із загального термодинамічного виразу для ізольованої системи:

$$DE = DQ + PDV,$$

де $E = C_v T_{вибуху}$ - внутрішня енергія продуктів вибуху;

PDV - робота розширення газів.

Приймаючи припущення, що продукти вибуху утворюються практично у вихідному об'ємі вибухової речовини [14], тобто $DV = 0,$ можна скористатися методикою:

$$\Delta E = -\sum (C_{v_1} T_{вибуху} - C_{v_2} T_2) n_i = Q_{вибуху},$$

де $Q_{вибуху}$ - теплота вибуху;

n_i - число молей і-го компонента продуктів вибуху;

C_{v_1}, C_{v_2} - молярна теплоємність відповідного і-го компонента продуктів вибуху при $T_{вибуху}$ і при кінцевій температурі продуктів вибуху (T_2).

Значення величини $C_{v_2} T_2$ порівняно мале в порівнянні з $C_{v_1} T_{вибуху}$ і ним можна знехтувати. З урахуванням цього отримуємо вираз:

$$T_{вибуху} = \frac{Q_{вибуху}}{\Sigma_{Cvi} П_i}.$$

Теплоємність C_v зазвичай, подається у вигляді формули Г. Каста [14]:

$$C_v = a + bT + cT^2 + \ldots, \quad (5)$$

де a, b, c - емпіричні коефіцієнти.

Для інженерних розрахунків у виразі (5) достатньо обмежитися двома першими частинами:

$$C_v = a + bT,$$

або, з урахуванням числа молів ПВ, що утворюються:

$$\Sigma C_{v_i} П_i = \Sigma_{a_c} n_i + (\Sigma_{в_i} n_i) T_{взр},$$

де $a_i, в_i$ - емпіричні коефіцієнти і-го компонента продуктів вибуху; n_i - число молей і-го компонента продуктів вибуху.

Виходячи з цього остаточний вираз для визначення температури хмари вибуху ТБ матиме наступних вигляд:

$$T_{вибуху} = \frac{\Sigma_{n_i a_i} + ((\Sigma_{n_i a_i})^2 + 4\Sigma_{n_i в_i} Q_{вибуху} 10^3)^{\frac{1}{2}}}{2\Sigma_{n_i в_i}}, \quad (6)$$

де $T_{вибуху}$ - температура продуктів вибуху ТВР боєприпату, °С;

n_i - число молів однойменних газів;

$Q_{вибуху}$ - теплота вибуху ТВР боєприпасу, кДж/моль.

Емпіричні коефіцієнти а і в, запропоновані Г. Кастом, наведені в таблиці 1.

Для основних твердих компонентів, що містяться в ПВ, значення в = 0, а величина а рівна $24{,}97 \times n_i$, де n_i - число молів твердих компонентів.

ISSN 2706-7386

Таблиця 1

Значення емпіричних коефіцієнтів а і в

Тип газу	*а,* Дж/моль °С	*в*, Дж/моль °С
двохатомні (CO, H_2, O_2, H_2, H_0)	20,1	$18,86\times10^{-4}$
трьохатомні (CO_2, NO_2)	41,1	$24,3\times10^{-4}$
чотирьохатомні	41,9	$18,86\times10^{-4}$
п'ятиатомні	50,28	$18,86\times10^{-4}$
пар води (H_2O)	16,76	$90,10\times10^{-4}$
тверді компоненти продуктів вибуху (C, AC_2O_3)	24,97	0

Застосування виразу (6) можливе тільки за наявності відомої величини теплоти вибуху конкретної марки ТВР і реакції її вибухового перетворення.

Для експериментального підтвердження характеристик температури хмари вибуху, що утворюється в результаті підриву ТБ ($T_{вибуху}$), і радіусу високотемпературної області ($R_{обл}$) методом натурного експерименту можливо застосувати наступне обладнання:

- тепловізор з максимальною температурою реєстрації не менше 1500°С;
- відеокамера з частотою знімання не менше50 кадр/с.;
- персональний комп'ютер (далі - ПК);
- мірна лінійка у вигляді тичини з візуально видимими поділками;
- далекомір з можливістю вимірювання відстані не менше 500 м.

Типова схема розміщення обладнання наведена на рисунку 2.

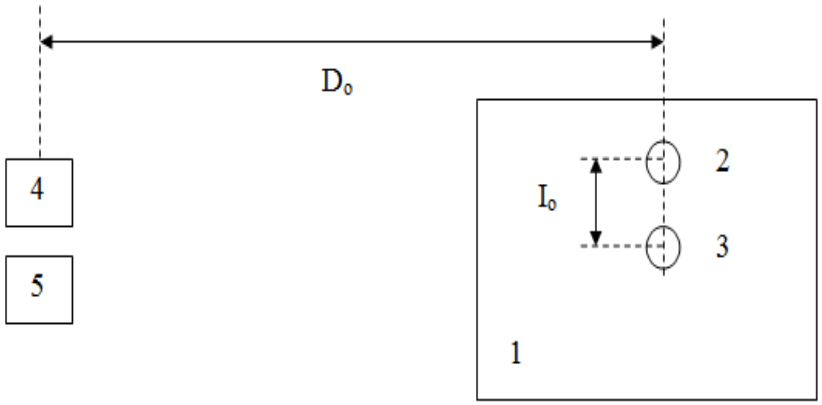


Рис.2. Схема розміщення обладнання

1 – площадка підриву; 2 – мірна лінійка; 3 – точка підриву; 4 – тепловізор; 5 – відеокамера; *Do* – відстань від точки підриву до апаратури реєстрації; *Io* – відстань між точкою 2 і 3.

Особливості тарирування відеокамери наведено на рисунку 3.

ISSN 2706-7386

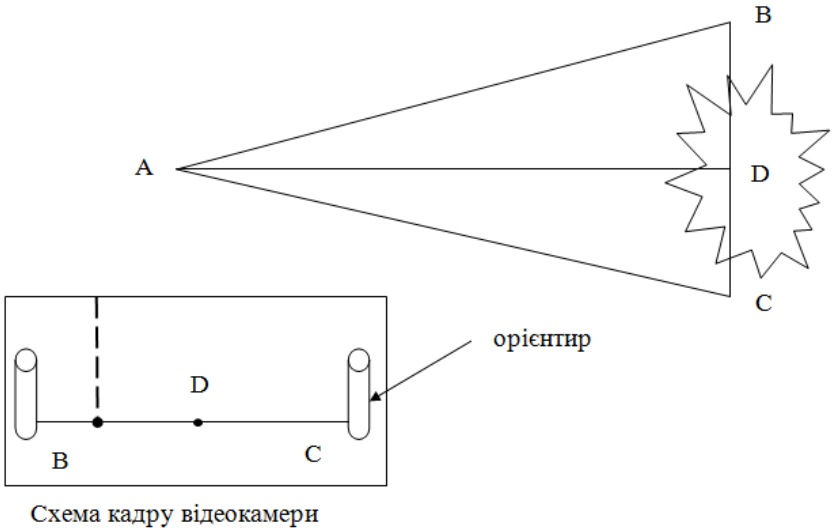


Рис.3. Схема тарирування відеокамери
A – точка встановлення відеокамери; B, C – точки орієнтиру; D – точка підриву

Для тарирування відеокамери, необхідно вибрати на місцевості мірну базу BC, позначити візуально контрастними орієнтирами точки B і C, заміряти далекоміром довжину бази BC і відстань AD. Розмір бази повинен бути більшим за очікуваний розмір хмари підриву.

Трансфокатором доцільно відрегулювати розмір кадру відеокамери таким чином, щоб його ширина співпадала з розміром мірної бази BC. Відзняти відео, не змінюючи положення трансфокатору.

Під майданчик для проведення підривів доцільно вибрати ділянку з щільним ґрунтовим покриттям у формі квадратурозміром (6х6) м.

За допомогою спеціального програмного забезпечення проводиться обробка зареєстрованих характеристик вибуху: температури хмари вибуху і радіусу високотемпературної області.

Одним з ключових факторів, що впливає на ступінь ураження цілі при підриві ТБ є рівень надмірного тиску, що утворюється у ФУХ. За допомогою формули Садовського можна описати залежність надмірного тиску від відстані до точки вибуху [15]:

$$\Delta p = \frac{0,7q}{r^3} + 0,27\left(\frac{0,7q}{r^3}\right)^{2/3} + 0,084\left(\frac{0,7q}{r^3}\right)^{1/3},$$

де Δp – надмірний тиск у фронті ударної хвилі, $мПа$, q – маса вибухової речовини, кг (тротиловий еквівалент), r – відстань до точки вибуху, м.

Швидкість руху ФУХ і рівень надмірного тиску є взаємопов'язаними між собою величинами:

$$\Delta p = \left(\frac{294,53}{273,15+t}\right)\left(V^2 - C^2\right),$$

де t – температура зовнішнього повітря, $^{\circ}C$; V – швидкість руху ФУХ, м/с;
C – швидкість звуку, м/с.

Швидкість звуку залежить від навколишнього середовища, зокрема, температури і вологості. Залежність швидкості звуку від температури і вологості можна визначити за формулою [15]:

$$C = 331,4 + 0,6t + 0,0124H,$$

де H – відносна вологість зовнішнього повітря, %.

Надлишковий тиск у ФУХ при вибуху сумішевої ВР, розраховується за уточненою формулою М.А. Садовського.

Для наземного вибуху вона має вигляд:

$$\Delta P_{ф} = 101\frac{m_t^{0,33}}{R} + 420(\frac{m_t^{0,33}}{R})^2 + 1410(\frac{m_t^{0,33}}{R})^3 \text{ , кПа,} \qquad (7)$$

де $m_t = h \times K \times m_{ВР} \times K_1$;

h - коефіцієнт впливу складу ґрунту;

K - тротиловий коефіцієнт ВР по ударній хвилі;

$m_{ВР}$ - маса ВР, кг; K_1 - коефіцієнт заповнення боєприпасу ВР;

R - відстань від місця формування ударної хвилі, м.

Однак формула (7) отримана для умовного зосередженого заряду і не враховує форму ТБ і особливості вибуху ТВР, що приводить до розбіжностей з експериментальними даними.

Всі боєприпаси, в тому числі і термобаричні, мають форму, близьку до циліндру певного розміру, а відрив ударної хвилі від меж вогняної кулі, що утворюється після детонації ТВР, проходить в умовах затрат енергії, яка виділилася на формування високотемпературної області.

Проведені натурні експерименти із зарядами ТВР масою від 40 гр. до 2000 гр. показали, що при інженерних розрахунках надлишкового тиску ФУХ необхідно за основу взяти формулу Г.І. Покровського. З урахуванням особливостей вибуху ТВР вона приймає наступний вигляд:

– для вибуху на поверхні:

$$\Delta P = 1373,4\frac{m_t}{(R + A + R_{обл})^3} + 421,8\frac{m_t^{\frac{2}{3}}}{(R + A + R_{обл})^2} + 107,9\frac{m_t^{\frac{1}{3}}}{R + A + R_{обл}}, кПа,$$

де $R_{обл}$ - радіус високотемпературної області, м.;

A - коефіцієнт, що враховує втрату енергії на утворення хмари вибуху (залежить від властивостей ТВР);

– для вибуху у повітрі:

$$\Delta P = 686,7\frac{m_t}{(R + A + R_{обл})^3} + 264,9\frac{m_t^{\frac{2}{3}}}{(R + A + R_{обл})^2} + 82,4\frac{m_t^{\frac{1}{3}}}{R + A + R_{обл}}, кПа.$$

Для визначення надлишкового тиску ФУХ і швидкості його руху експериментальним методом можливо використати цифровий вимірювач типу ЦИС-С з наступними характеристиками:

– межа швидкості що вимірюється – (340–1000) м/с;

– межа тиску, що вимірюється – (5–1000) кПа.

Типова схема розміщення датчиків для фіксації швидкості поширення ФУХ і створюваного тиску із комплекту ЦИС-С наведена на рисунку 4.

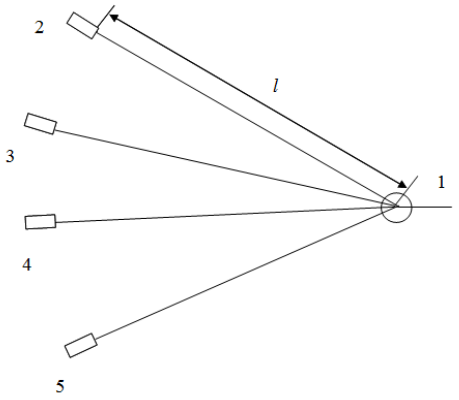


Рис.4. Схема розміщення датчиків ЦИС-С

1 – точка підриву; 2, 3 ,4, 5 – датчики; l – відстань від точки підриву до першого датчика

ISSN 2706-7386

Датчики розміщуються на майданчику підриву точно у напрямку до точки підриву. Відстань *l* необхідно виміряти з похибкою ±1 см. Величина *l* залежить від маси ТВР у боєприпасі що підривається і повинна бути не менш ніж на 30% більше радіуса хмари, що створюється при вибуху.

Датчики доцільно заглибити у ґрунт. Верхній край датчиків повинен відповідати рівню майданчику підриву, а відстань між гранями датчика і стінками заглиблення біля 1 см.

У випадку використання датчиків тільки для виміру надлишкового тиску у фронті ударної хвилі, їх встановлення повинно відповідати керівництву з експлуатації.

До початку вимірювань необхідно провести тарирування датчиків з метою врахування чинників місця проведення випробувань, які впливають на точність отриманих характеристик (вид підстілаючої поверхні, рельєф, вид і місце встановлення заряду тощо).

Тарирування можна виконати шляхом підриву еталонного зразка ВР в точці наступного підриву термобаричного боєприпасу. Еталонний зразок повинен мати циліндричну форму, масою 0,1 кг±5% без оболонки. В точці підриву еталон встановлюється вертикально, а детонатор розташовується у верхній частині. Датчики необхідно встановити на (3±0,01) м. від точки підриву точно спрямованими на точку підриву.

Після підриву і контролю показників датчиків потрібно розрахувати тарирувальні коефіцієнти по вимірюваним надлишковому тиску (K_p) і швидкості (K_v) по наведеним формулам, відповідно:

$$K_p = \frac{P_{фп}}{P_ф};$$

$$K_v = \frac{V_{фп}}{V_ф},$$

де $P_{фп}$ і $V_{фп}$ - постійні величини, що характеризують властивості підстилаючої поверхні. Їх значення наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристики підстилаючої поверхні

Величина	Пістилаюча поверхня			
	Плита, сталь залізобетон	Бетон, скеля	Глина	Грунт середньої щільності
$P_{фп}$, кПа	46	43,3	38,9	35,2
$V_{фп}$, м/с	401	398,2	392,7	388

Отже, запропоновані розрахунки і методики визначення термодинамічних параметрів вибуху дозволяють розрахувати і оцінити характеристики вибуху сучасних ТБ.

Висновки.

Бойові характеристик ТБ формуються на основі термодинамічних параметрів його вибуху, що свідчить про необхідність проведення максимально точних розрахунків цих параметрів.

Запропоновані розрахунки і методики проведення натурних експериментів щодо визначення об'єму газоподібних продуктів вибуху, температури і радіусу високотемпературної області, надлишкового тиску ФУХ, швидкості ФУХ дозволяють враховувати фізичні особливості вибуху ТБ.

Натурні експерименти щодо оцінювання термодинамічних параметрів вибуху ТБ необхідно організовувати з урахуванням специфіки уражаючої дії ТВР. Адже, особливості

вибуху боєприпасу спорядженого ТВР безпосередньо впливають і на організацію місця їх досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гельфанд Б.Е. Объемные взрывы: монографія / Б.Е. Гельфанд, М.В. Сильников. – СПб.: Астерион, 2008. – 374 с.

2. New RPO Shmel-M Infantry Rocket Flamethrower Man-Packable Thermobaric Weapon [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.defensereview.com/new-rpo-shmel-m-infantry-rocket-flamethrower-man-packable-thermobaric-weapon.

3. Modern Firearms – RMG // Russia: World Guns. January 24, 2011. – Retrieved July 12, 2011.

4. Kornet-EM: Multi-purpose Longrange Missile System // Russia: Kbptula. Archived from the original on December 29, 2013. – Retrieved December 28, 2013.

5. TOS-1 Heavy flamethrower system [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.military-todey.com/artillery/tos1.htm.

6. SS-26 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://missilethreat.csis/org/missile/ss-26-2.

7. ODAB-500PMV Fuel-Air-Explosive bomb [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https:// roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-bombs/odab-500pmv.

8. Trzciński W.A. Thermobaric and Enhanced Blast Explosives – Properties and TtestingMethods / W.A Trzciński, L. Maiz // (Review). Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 40(4), 2015,632–644.

9. Chen Y. Experimental Study of the Explosion of Aluminized Explosives in Air / Y. Chen, S. XU, D.J. WU, D.B. LIU // Central European Journal of Energetic Materials, 13(1),2016, 117–134.

10. Yen N.H. Reactive metals in explosives / N.H. Yen, L.Y. Wang // Propellants Explos Pyrotech 2012;37(2):143–55.

11. Makhov M. Explosion heat of boron-containing explosive composition. / 35th Int. Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Germany, June 29–July2 2004, p. 55.1.

12. Lee K.B. Relationship between combustion heat and blast performance of aluminized explosives / K.B. Lee, K.D. Lee, J.K. Kim // 36th Int. Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Germany, June 28–July 1 2005. p. 118.1.

13. Соболєв В.В. Технологія та безпека виконання підривних робіт: практикум / В.В. Соболєв, І.І. Усик, Р.М. Терещук // Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2014. – 18 с.

14. Горбонос М.Г. Методические указания. Часть І. / М.Г. Горбонос. – Петрозаводск: Петрозаводской государственный університет, 2011. – 28 с.

15. Телевний І.В. Особливості дослідження боєприпасів з термобаричними вибуховими речовинами / І.В. Телевний, В.І. Нікітченко, С.І. Клюфас, А.Г. Дмитрієв. // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Харків: ХНУПС, 2020. – Вип. № 1. – С. 145–151.

Каплюк Олександр Миколайович
науковий співробітник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9449-5395
e-mail: skaplyk@ukr.net

Oleksandr Kapliuk
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9449-5395
e-mail: skaplyk@ukr.net

ISSN 2706-7386

Нікітченко Віктор Іванович
кандидат технічних наук, старший дослідник, начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-8973-8711
e-mail: nazar200914@gmail.com

Кірдей Леонід Миколайович
провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-0954-9545
e-mail: kirdei550@gmail.com

Терновський Андрій Юрійович
слухач Національного університету оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна
https://orcid.org/0000-0001-9681-3740
e-mail: ternonovskoy91@gmail.com

Брайко Володимир Вікторович
провідний конструктор товариства з обмеженою відповідальністю "Науково-виробнича фірма "Адрон", Київ, Україна
https://orcid.org/0000-0002-8273-8919

Viktor Nikitchenko
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-8973-8711
e-mail: nazar200914@gmail.com

Leonid Kirdei
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-0954-9545
e-mail: kirdei550@gmail.com

Andrey Ternovskoy
listener the National Defence university of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-9681-3740
e-mail: ternonovskoy91@gmail.com

Volodymyr Brajko
Lead Designer of Adron Research and Development Co. Ltd., Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-8273-8919
e-mail: bvv@adron.ua

DETERMINATION OF MAIN THERMODYNAMIC PARAMETERS OF THERMOBARIC AMMUNITION EXPLOSION

O Kapliuk, V Nikitchenko, L Kirdei, A Ternovskoy and V Brajko

A large number of weapon systems have been emerged over the last few decades. Most of these parts create an explosive for poles using fragmentation or cumulative jet. Until recently, some combat units identified the explosion as a major factor. But new technologies have made it possible to develop warheads that improve the characteristics of the explosion and use it as one of the main methods of impacting the target, i.e thermobaric warheads.

Ammunition equipped with mixed (multicomponent) thermobaric explosives has many advantages over ammunition equipped with conventional explosives. They are more economical (cheaper to manufacture), safer to use and have adjustable thermodynamic characteristics, as well as the composition of products, which allows you to choose the optimal filling of thermobaric ammunition to perform specific tasks.

The article proposes calculations and methods for determining the main thermodynamic parameters of thermobaric ammunition explosion, namely: heat of explosion, volume of gaseous products, temperature and radius of high temperature area, excess pressure in front of the shock wave and its speed taking into account the physical characteristics of thermobaric explosive.

The peculiarity of the above calculations and methods is to take into account the physical characteristics of the explosion of the explosive mixture.

Keywords: *thermobaric ammunition, thermobaric explosive, thermodynamic parameters of explosion, features of explosion of thermobaric explosive.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 519.872.4 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.08

Корнієнко І.В., Корнієнко С.П. *Національний університет "Чернігівська політехніка"*
Казначей С.М, Руденко О.В., Толмачов В.Ю. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ БАЗИ ДАНИХ ОВТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СУПРОВОДЖЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

Стаття є продовженням циклу публікацій, які висвітлюють принципи і підходи до створення інформаційної системи супроводження випробувань зразків озброєння та військової техніки, яка планується до реалізації у Державному науково-дослідному інституті випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. На основі пропозицій щодо функціоналу інформаційної системи розроблено узагальнену структуру інформаційно-довідкової бази даних озброєння та військової техніки. Запропоновано розширення діючого класифікатора озброєння та військової техніки при збереженні структури коду, яке забезпечує кодування і внесення відомостей у базу даних про сучасні і перспективні зразки озброєння та військової техніки іноземного виробництва.

Передбачається, що запропонована структура інформаційно-довідкової бази даних забезпечить функції уточнення та доповнення тактико-технічних вимог до випробуваного зразка, що в свою чергу стане базисом для розробки програми і методик випробування, а також забезпечить інформаційні потреби при автоматизованому оцінюванні військово-технічного рівня досліджуваного виробу.

Ключові слова: *база даних, випробування, інформаційна система, класифікатор, озброєння та військова техніка.*

Постановка проблеми. Автоматизована інформаційна система супроводження випробувань озброєння та військової техніки (ОВТ) повинна мати в своєму складі масиви даних, що здійснюють всебічну інформаційну підтримку всіх технологічних процесів, які відбуваються на різних етапах випробування. Запропонований авторами наближений перелік і структура баз даних наведена у [1], які забезпечуватимуть функціональність інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ, що розглянута у [2]. Однією з важливих інформаційно-довідкових компонент є база даних сучасних вітчизняних та іноземних зразків ОВТ, наявність якої передбачено методичними рекомендаціями [3], і яка може виявитись корисною на різних етапах випробування, а саме: на підготовчому етапі випробувань (формування тактико-технічних вимог (ТТВ) до зразка, підготовки програми та методик випробувань) та завершальному етапі випробувань (при комплексній оцінці військово-технічного рівня випробуваного виробу).

Для виконання подібних завдань структура бази даних та системи керування базою даних (СКБД) повинні забезпечувати швидкий пошук аналогів зразків, у тому числі по заданим характеристикам у встановлених діапазонах показників, та повинні мати можливість порівнювати відібрані зразки (а в ідеалі, за певним алгоритмом визначати рівень військово-технічної досконалості зразка у порівнянні з іншими військовими виробами). Вочевидь, що при порівнянні зразків обов'язково виникнуть складнощі багатокритеріального аналізу складних систем, і, крім факторів, які визначаються безпосередньо параметрами і характеристиками порівнюваних зразків, обов'язково додаватимуться фактори, що пов'язані з умовами їх бойового застосування. Розв'язання

© Корнієнко І.В., Корнієнко С.П., Казначей С.М, Руденко О.В., Толмачов В.Ю., 2022

такої задачі вимагатиме застосування методів системного, математичного або інших видів аналізу. Крім того, на думку авторів, на даному етапі навряд чи можна повністю відкинути певну експертну складову порівняльної оцінки, що пов'язане саме з комплексністю оцінки і потреби врахування множини факторів. З цих міркувань можна припустити, що засоби автоматизації у сукупності з алгоритмізованими методами системного аналізу та інформацією, яка міститься у інформаційно-довідковій базі даних спроможні надавати підтримку експертним рішенням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Автоматизоване інформаційне супроводження випробувань має на меті підвищення якості випробувальної діяльності та скорочення трудових і часових витрат при проведенні випробувань, що передбачено у [3]. Функціонал такої інформаційної системи має відповідати вимогам, що висуваються до системи випробувань [4–9].

Структура і архітектура розроблюваних компонент інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ має відповідати низці національних стандартів, перелік яких наведений у [10].

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Попри простоту і наочну зрозумілість у питанні створення інформаційно-довідкової бази даних сучасних видів і зразків ОВТ слід звернути увагу на різноманіття параметрів і характеристик оцінки та варіювання їх важливості в залежності від умов бойового застосування та інших аспектів, як то транспортування, надійність, обслуговування, ремонтопридатність, вартість тощо. Наразі у відкритих інформаційних ресурсах можна побачити доволі велику кількість баз даних з інформацією про сучасні зразки ОВТ (наприклад [11–23]), які різняться рівнем інформаційної наповненості та переліком параметрів і характеристик. Крім того, чимало інформації щодо військово-технічного рівня конкретних бойових одиниць військової техніки подається у вигляді аналітичного матеріалу, підготовленого експертами різних рівнів, наприклад [24]. Як правило, такій інформації притаманна певна частка суб'єктивності, в залежності від особистих поглядів і симпатій аналітиків. Все це унеможливлює пряме застосування таких джерел інформації без сортування та попереднього оброблення інформації, що подається у них, для рішення задач інформаційного супроводження випробувань ОВТ, порівняльного аналізу перспективності зразків і оцінки військово-технічного рівня випробуваного зразка. Природно, що підготовка інформації в подібних випадках, зазвичай, здійснюється на етапі введення в базу даних (вочевидь, що в нашому випадку, має бути використана реляційна база даних), яка повинна мати чітку схему, що відбиває властивості екземпляра ОВТ і бути нормалізованою принаймні до 4 форми.

Постановка задачі. На основі типової інформації, яка подається у різних джерелах (у тому числі у мережі Internet) запропонувати узагальнену структуру інформаційно-довідкової бази даних сучасних і перспективних зразків ОВТ автоматизованої інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ.

Основна частина. Прямим завданням інформаційно-довідкової бази даних ОВТ є оперативне одержання відомостей про той чи інший зразок ОВТ, його призначення, тактико-технічні характеристики, склад та особливості застосування. З огляду на етапність створення інформаційної системи супроводження випробувань зразків ОВТ, що розглянуто у [25],

передбачено розширення функціональності використання бази даних ОВТ у "старших" версіях інформаційної системи до можливості пошуку за значенням атрибуту (тобто, за конкретною характеристикою певного зразка ОВТ), можливості порівняння різних зразків, або оцінювання військово-технічного рівня розробки з застосуванням різних методів і підходів.

Складність формування структури бази даних ОВТ пов'язана з чинниками повноти інформаційного опису зразків ОВТ і їх різноманіттям. З одного боку, база даних повинна мати вичерпний список властивостей, параметрів і характеристик зразків ОВТ, але з іншого, надмірний перелік характеристик, що наближуватиметься до повної специфікації не лише самого виробу, але й, також, окремих модулів і вузлів, призведе до ускладнення процесу наповнення і ведення такої бази даних, що без сумніву буде покладено на фахівців випробувального інституту, і, відповідно, їх відволіканні від інших завдань. Крім того, надмірний перелік характеристик може призвести до відсутності даних про них при описі іноземних зразків ОВТ, інформація про які може бути вельми обмеженою, особливо про перспективні розробки, і, в свою чергу, порівнювати такі зразки стане неможливо.

Відповідно, можна припустити, що для задач аналізу ТТВ і порівняльного аналізу випробуваного зразка й аналогів, перелік характеристик має налічувати такі основні властивості й характеристики, які визначають рівень бойової ефективності та функціональної досконалості (простота зберігання, можливості транспортування, ремонтопридатність, ергономічність тощо).

Зважаючи на використання різних систем та одиниць вимірювання, необхідно передбачити використання конверторів одиниць вимірювання, або їх конвертування на етапі підготовки інформації до введення у базу даних, що дозволить здійснювати Θ-порівняння параметрів і характеристик аналогів ОВТ.

Таке використання бази даних ОВТ формує систему вимог до структури бази даних (у тому числі з огляду на практичне використання операторами й користувачами), а саме:

- відсутність надлишкових функціональних залежностей між атрибутами відношень: структура бази даних має відповідати 4 або 5 нормальній формі;
- чітке і лаконічне найменування атрибутів, зведених у єдину систему по різних видах і типах ОВТ: забезпечує розвиток функціональності бази даних без необхідності застосування операцій перейменування атрибутів;
- значення однорідних атрибутів у різних відношеннях мають бути Θ-порівняними: для однорідних технічних характеристик зразків ОВТ різних типів мають бути прийняті однакові одиниці вимірювання;
- унікальність найменування атрибутів у базі даних, для яких має використовуватись лише латинський алфавіт мінімальної довжини (наприклад до 8 символів).

Отже, можна запропонувати універсальну структуру бази даних зразків ОВТ (Рис.1), яка, в цілому, буде відповідати всім класам ОВТ і мати відмінності, які притаманні конкретним класам, підкласам. Для цього доцільно використати типові назви атрибутів для зразків ОВТ різних класів і видів (таблиця 1).

ISSN 2706-7386

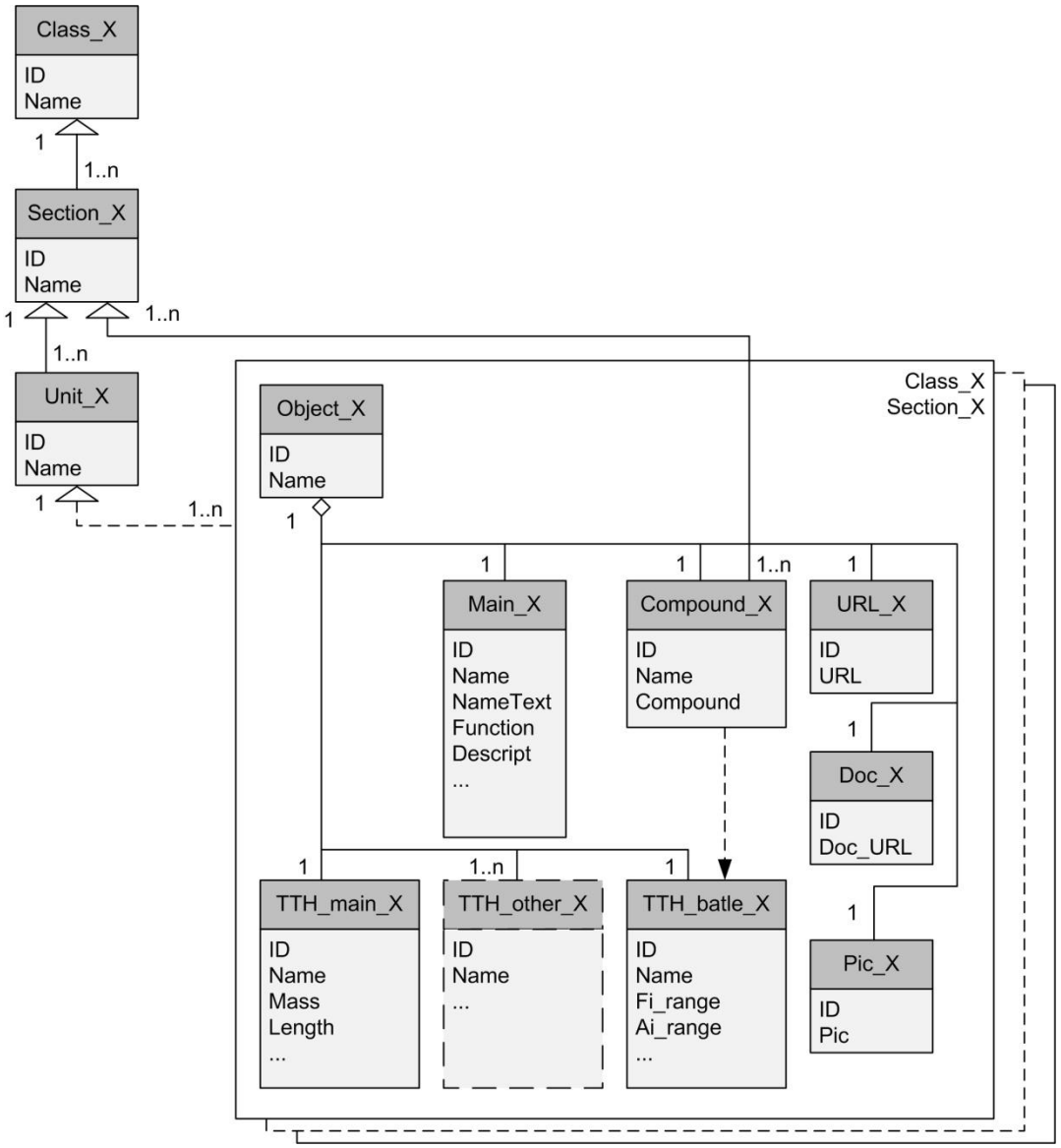


Рис.1. Узагальнена структура інформаційно-довідкової бази даних ОВТ

Таблиця 1

Приклади типових назв атрибутів бази даних ОВТ

Найменування атрибуту	Тип поля	Зміст поля	Значення
ID	Text	Ідентифікатор зразка ОВТ	Наприклад : A1121002Y
Name	Text	Умовне найменування зразка ОВТ	Наприклад: Р-17; 9К72
NameText	Text	Повне найменування зразка ОВТ	Наприклад: Комплекси ракетні Р-17; 9К72
Function	Text	Бойове (функціональне) призначення зразка	Наприклад: Ведення розвідки на малих висотах вдень та вночі
Compound	Text	Основні вузли зразка	Наприклад: Антенний пристрій, СВЧ прийомопередавач, апаратура обробки і управління, засіб відображення

Закінчення таблиці 1

Descript	Text	Опис зразка	Наприклад: Бронемашина має звичайне компонування з переднім розташуванням двигуна, відділенням управління в середній частині машини, в кормовій частині машини розташовано десантне відділення. Екіпаж машини складається з двох чоловік (водія і командира машини), в десантному відділенні передбачена можливість перевезення вантажів чи 4-6 піхотинців.
Mass	Integer (ціле число)	Вага зразка, кг	Наприклад: 1550
Length	Double (дійсне число)	Довжина зразка, м	Наприклад: 3,35
Width	Double (дійсне число)	Ширина зразка, м	Наприклад: 1,5
Height	Double (дійсне число)	Висота зразка, м	Наприклад: 2,5
Crew	Integer (ціле число)	Кількість екіпажу (обслуги)	Наприклад: 3
CrewText	Text	Опис екіпажу (обслуги)	Наприклад: командир машини, водій-електромеханік, командир підрозділу, чотири офіцери
...			
Doc_URL	Text	Посилання на електронні документи з описом зразка, які зберігаються у базі даних	
Pic	Text	Посилання на графічні зображення (відеофайли), які зберігаються у базі даних	
URL	Text	Посилання на електронні документи у мережі Інтернет	

Функціонал інформаційної системи супроводження випробувань має на меті всебічну автоматизовану підтримку всіх випробувальних процесів. Незважаючи на основні задачі інформаційно-довідкової бази даних, які висвітлені при постановці проблеми, є низка допоміжних функцій, де також може використовуватись інформація щодо зразків ОВТ. Так, у структуру нормативно-довідкової бази даних (Рис.2), яка запропонована у [1], введений класифікатор ОВТ, мета якого уточнення і доповнення ТТВ до випробуваного зразка відповідно до бойових можливостей і функціональності сучасних і перспективних зразків ОВТ (Рис.3). Включення, таким чином сформованих доповнень у програму і методики випробування, дозволить здійснити випробування параметрів та характеристик не лише

ISSN 2706-7386

запропонованих у ТТВ розробником і замовником, але й властивих до провідних у класі ОВТ аналогів.

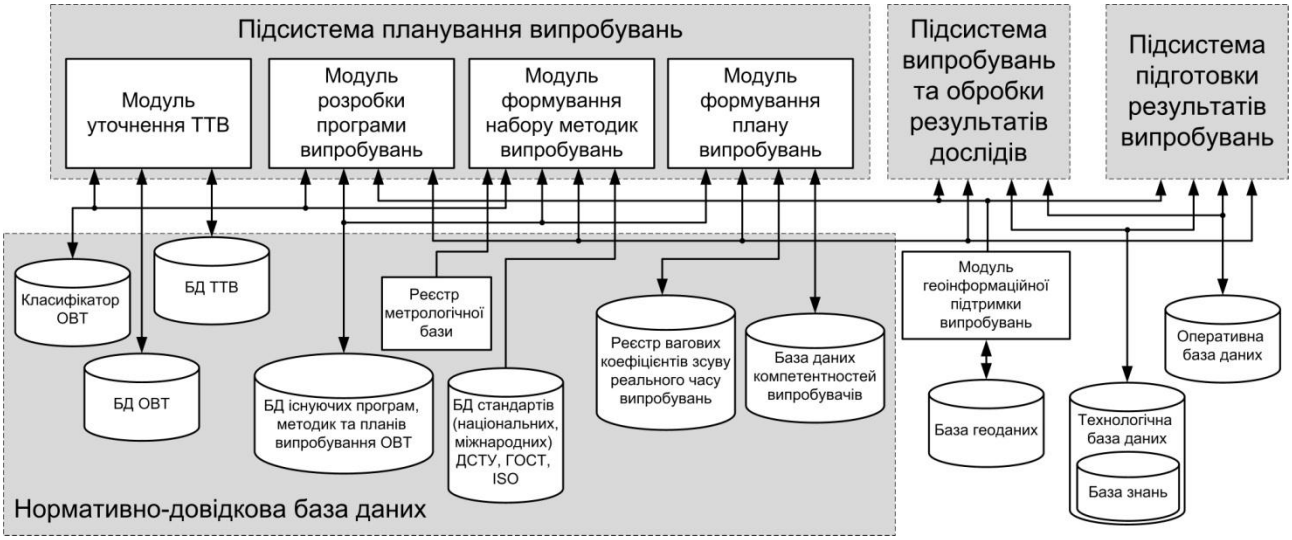


Рис.2. Структура нормативно-довідкової бази даних

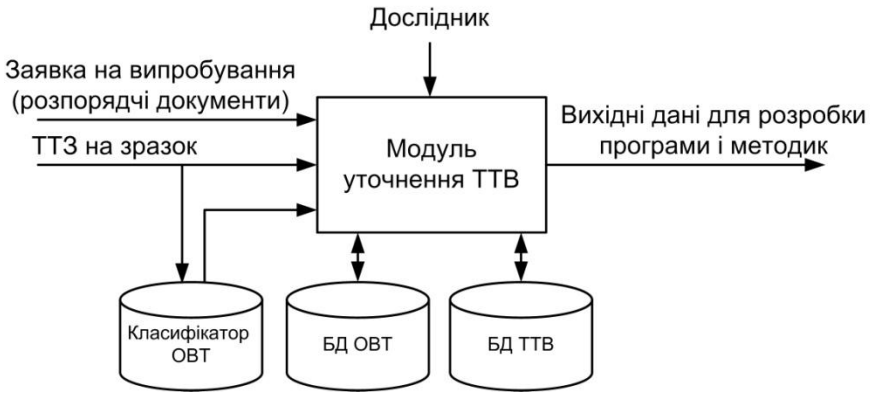


Рис.3. Взаємодія компонентів нормативно-довідкової бази даних для уточнення ТТВ

З огляду на таке представлення інформаційного супроводження випробувань, класифікація та кодифікація ОВТ є основою для автоматизованого складання та супроводу розробки програм і методик випробування зразків ОВТ, підбору способів і методів вимірювань параметрів і характеристик, керування вхідним потоком замовлень на випробування, підбору складу випробувальної бригади. При проєктуванні інформаційних систем класифікація об'єктів забезпечує основу для створення інфологічної моделі системи.

З даталогічної точки зору класифікація і кодифікація ОВТ є основою для формування ідентифікаторів бази даних ОВТ, де код зразку ОВТ є його ідентифікатором, і, відповідно, первинним ключем. Важливість цього питання при формуванні баз даних інформаційної системи супроводження випробувань полягає у забезпеченні цілісності даних – відповідності бази даних предметній області, а саме задачам інформаційного супроводження випробувань ОВТ. Для реляційних моделей баз даних визначаються дві базові вимоги забезпечення цілісності: цілісність сутностей і цілісність відношень.

Цілісність сутностей полягає в тому, що кожен кортеж будь-якого відношення повинен відрізнятися від будь-якого іншого кортежу цього ж відношення. Тобто, будь-яке відношення повинне володіти унікальним первинним ключем, до того ж, бажано, щоб первинний ключ складався з мінімального числа атрибутів, що може забезпечити унікальний код зразка ОВТ. Недотримання такої вимоги призводить до того, що в базі даних може

зберігатися суперечлива інформація про один і той же зразок ОВТ. Підтримка цілісності сутностей забезпечується засобами СКБД за допомогою двох обмежень:

- при додаванні записів у відношення здійснюється перевірка унікальності їх первинних ключів;
- не дозволяється зміна значень атрибутів, які входять в первинний ключ.

Складні об'єкти реального світу, що можуть бути представлені комплексами ОВТ представляються в реляційній базі даних у вигляді кортежів декількох нормалізованих відношень, зв'язаних між собою. При цьому:

- зв'язки між нормалізованими відношеннями описуються в термінах функціональних залежностей;
- для віддзеркалення функціональних залежностей між кортежами різних відношень використовується дублювання первинного ключа одного відношення (батьківського) в інше відношення (дочірнє), в якому копія ідентифікатора зразка ОВТ з батьківського відношення називається зовнішнім ключем.

Вимога цілісності по відношеннях полягає в тому, що для кожного значення зовнішнього ключа, що з'являється в дочірньому відношенні, в батьківському відношенні повинен знайтися кортеж з таким же значенням первинного ключа. Підтримка цілісності відношень, як правило, покладається на СКБД. Наприклад, вона може не дозволити користувачеві додати запис, що містить зовнішній ключ з неіснуючим (невизначеним) значенням.

Нині розроблений і введений в дію Військовий класифікатор озброєння, військової техніки та майна Міністерства оборони України ВК 001–2000 (зі змінами № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, № 6, №7, № 8), структура коду показана на схемі рисунку 4. Класифікатор охоплює весь спектр наявних зразків ОВТ, що перебувають на озброєнні у ЗС України. Класифікація побудована на ієрархічній системі поділу об'єктів за класифікаційними ознаками. Відомими перевагами такої системи класифікації [26] є простота, наочність, логічність побудови, добра пристосованість до ручного оброблення. Вадами такої системи є жорсткість структури через фіксованість ознак і порядку їх розміщення, складність включення нових ознак, необхідність великого резерву місткості.



Рис.4. Структура номенклатурного номера (коду) об'єкта класифікації

З практичної точки зору реалізації інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ складність застосування прийнятої класифікації і кодифікації зразків ОВТ може виявитись при внесенні в базу даних зразків ОВТ, які прийняті на озброєння в інших країнах світу, що вимагатиме присвоєння коду зразку ОВТ (зайняття позиції у системі класифікації) на рівні випробувального інституту, але фактичне право модифікації і

розширення класифікатора ОВТ має вища інстанція, а саме Міністерство оборони України. В цьому випадку може виявитись парадокс існування двох зразків ОВТ з однаковим кодом, що потребуватиме внесення змін у базу даних для забезпечення її логічної цілісності. До того ж, кодифікація об'єктів прийнятої системи класифікації повинна мати достатній резерв місткості щодо введення екземплярів класу, загальна кількість яких обмежена кількістю останніх регістрів у коді (у прийнятій класифікації зазначено чотири останніх регістри, проте, аналіз існуючої кодифікації визначив ще один фактичний рівень ієрархії між підкласом та екземплярами підкласу, тобто фактично для формування структури коду у підкласі використовуються три останні числові регістри десяткової системи числення, що обмежує кількість екземплярів класу у 1000 позицій). З цих же міркувань неприйнятне використання військових класифікаторів, прийнятих у інших країнах світу.

Виходом з такої ситуації є локальне використання (в межах сфери використання інформаційної системи) модифікованого національного класифікатора. Сутність модифікації полягає у використанні інших літер латинського алфавіту в останньому регістрі коду (замість Y – належність до ЗСУ у національній системі класифікації), причому, озброєння та військова техніка ЗСУ продовжуватиме використання літери “Y”. В якості основи для кодифікації іноземних екземплярів ОВТ пропонується інформація Стокгольмського інституту дослідження проблем миру – міжнародного аналітичного центру, що спеціалізується на дослідженні збройних конфліктів, озброєнь, контролю за озброєнням та процесами роззброєння [27]. Так у матеріалах [27] визначено 25 найбільших представників експортерів ОВТ у 2016−2020 роках. На основі цього, для зразків інших країн пропонується введення наступних умовних літерних позначень (Табл.2).

Таблиця 2

Літерні позначення ОВТ іноземних країн для застосування у національному класифікаторі.

№ у рейтингу крупніших виробників	Країна	Літера
1	United States	U
2	Russia	R
3	France	F
4	Germany	G
5	China	C
6	United Kingdom	K
7	Spain	S
8	Israel	I
9	Italy	A
10	South Korea	O
11	Netherlands	N
12	Ukraine	Y
13	Switzerland	W
14	Turkey	T
15	Sweden	E
16	Canada	B
17	Norway	D
18	UAE	J
19	Australia	L
20	Belarus	M
21	Czechia	Z
22	South Africa	H
23	India	Q
24	Brazil	X
25	Portugal	P
	Інші країни	V

Передбачається, що клас, розділ і підрозділ ОВТ іноземних країн відповідатиме національному класифікатору. Тим самим буде забезпечено виконання вимог до застосування систем кодифікації у інформаційних системах, а саме:

- мінімальна довжина кодів;
- однаковість структури кодів на всіх рівнях ієрархії класифікації;
- групування інформації в необхідних розмірах;
- універсальність кодів: можуть бути як внутрішньо-машинні, так і зовнішні.

Також, така система кодифікації дозволить використання кодів в якості ідентифікаторів у реляційній базі даних. Поруч з тим, у окремому домені доцільно наводити відомості щодо класифікації ОВТ, прийнятих на озброєння в іноземних країнах у їх системі класифікації і кодифікації, що забезпечить однозначну ідентифікацію екземплярів.

Висновки.

На основі аналізу структури інформації щодо тактико-технічних характеристик зразків ОВТ, з урахуванням функціональних потреб інформаційної системи супроводження випробувань запропонована узагальнена структура інформаційно-довідкової бази ОВТ. Подальша деталізація структури бази даних для класів і підкласів, введення нових атрибутів для опису характеристик екземплярів ОВТ можливе під час експлуатації інформаційної системи супроводження випробувань безпосередньо операторами випробувальних підрозділів. Обґрунтовано вид класифікатора ОВТ, що застосовуватиметься для ідентифікації у базі даних екземплярів вітчизняних та іноземних зразків ОВТ.

Авторами запропоновані підходи до формування структури бази даних, яка дозволить реалізувати функції: уточнення тактико-технічних вимог при підготовці програми і методик випробування, порівняльного аналізу сучасних і перспективних зразків ОВТ у програмній реалізації інформаційної системи, та створить підґрунтя для автоматизованої оцінки військово-технічного рівня випробуваного зразка.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Корнієнко І.В. Щодо можливих функціональних компонент інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ ЗСУ / І.В. Корнієнко, С.П. Корнієнко, Д.О. Камак, С.М. Казначей, О.В. Жирна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2020. – Вип. № 4(6). – С. 52–61.

2. Корнієнко С.П. Обґрунтування інформаційних компонентів нормативно-довідкової бази даних автоматизованої інформаційної системи супроводження випробувань озброєння та військової техніки / С.П. Корнієнко, І.В. Корнієнко, С.М. Казначей, О.В. Жирна, В.С. Кравченко // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів : ДНДІ ВС ОВТ, 2021. – Вип. № 1(7). – С. 29–39.

3. Методичні рекомендації щодо організації наукової і науково-технічної діяльності у Збройних Силах України. Ч.4. Основи організації випробувань зразків (комплексів, систем) озброєння і військової техніки для потреб Збройних Сил України. – Київ: ВНУ ГШ ЗС України, 2020. – 63 с.

4. Про затвердження Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції: Постанова Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 року № 234 [Електронний ресурс].

– Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/234-2021-%D0%BF#Text. – дата звернення: 27.01.2022.

5. Про затвердження Порядку проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки: Постанова Кабінету Міністрів України від 17.02.2021 року № 159 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/159-2021-%D0%BF#Text. − дата звернення: 27.01.2022.

6. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення: ДСТУ 3021-95. − [Чинний від 01.01.1996]. – Київ: Держстандарт України, − 1995. – 71 с.

7. Система разработки и постановки на производство военной техники. Испытания опытных образцов изделий: ГОСТ В 15.210-78. – М., − 1978. – 35 с.

8. Порядок разработки программ и методик испытаний опытных образцов изделий. Основные положения: ГОСТ В 15.211-78. – М., − 1978. – 23 с.

9. Испытания и приемка серийных изделий. Основные положения: ГОСТ В 15.307-77. – М., − 1977. – 36 с.

10. Перелік Національних стандартів України для створення, впровадження та супроводження автоматизованих і інформаційних систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/node/1469. − дата звернення: 27.01.2022.

11. Ukrainian Military Pages: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ukrmilitary.com (дата звернення: 27.01.2022).

12. Army technology: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.army-technology.com. – дата звернення: 27.01.2022).

13. Defense Visual Information Distribution Service: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.dvidshub.net. – дата звернення: 27.01.2022.

14. Military today: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.military-today.com. – дата звернення: 27.01.2022.

15. Defence Express: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://defence-ua.com. – дата звернення: 27.01.2022.

16. Army: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.army.gov.au. – дата звернення: 27.01.2022.

17. Military.com [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.military.com. – дата звернення: 27.01.2022.

18. Armed forces https://armedforces.eu/

19. Army technology https://www.army-technology.com/

20. Укроборонсервіс: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uos.ua/. – (дата звернення: 27.01.2022).

21. ХКБМ: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://morozov.com.ua. – дата звернення: 27.01.2022.

22. Вооружение россии и мира: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://oruzhie.info. – дата звернення: 27.01.2022.

23. Militaryarms: веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://militaryarms.ru. – дата звернення: 27.01.2022.

24. Дідур О. “Однокласники” зійшлись на полі бою. Т-64 VS Т-72. АрміяINFORM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://armyinform.com.ua/2019/11/25/odnoklasnyky-zijshlys-na-poli-boyu-t-64-vs-t-72. – дата звернення: 27.01.2022.

25. Корнієнко С.П. Обґрунтування етапів розробки інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ ЗСУ / С.П. Корнієнко, І.В. Корнієнко, В.В. Шевага,

С.М. Казначей, В.С. Кравченко // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів : ДНДІ ВС ОВТ, 2021. – Вип. № 3(9). – С. 58–64.

26. Інформаційні системи і технології в статистиці: Навч. Посібник; За ред. д-ра екон. наук, проф. В.Ф. Ситника. – К.: КНЕУ, 2003. – 267 с.

27. Stockholm International Peace Research Institute [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://sipri.org.

Корнієнко Ігор Валентинович
кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Національний університет "Чернігівська політехніка", Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-9105-0780
+38066-733-07-22

Корнієнко Світлана Петрівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та математичного моделювання, Національний університет "Чернігівська політехніка", Чернігів, Україна
http://orcid.org/0000-0002-9162-1229
+38066-733-07-20

Казначей Станіслав Миколайович
старший науковий співробітник науково-інформаційного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-2055-5524
+38063-667-70-67

Руденко Олег Володимирович
начальник науково-дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-8699-1057
+38093-839-88-97

Толмачов В'ячеслав Юрійович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3927-2041
+38093-339-42-31

Ihor Korniienko
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of geodesy, cartography and land planning, Chernihiv Polytechnik National University, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-9105-0780
+38066-733-07-22

Svitlana Korniienko
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department cybersecurity and mathematical modeling, Chernihiv Polytechnik National University, Chernihiv, Ukraine
http://orcid.org/0000-0002-9162-1229
+38066-733-07-20

Stanislav Kaznachey
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-2055-5524
+38063-667-70-67

Oleh Rudenko
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-8699-1057
+38093-839-88-97

Vyacheslav Tolmachov
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3927-2041
+38093-339-42-31

ISSN 2706-7386

GENERALIZED STRUCTURE OF THE INFORMATION AND REFERENCE DATABASE OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM OF TESTING SUPPORT

I Korniienko, S Korniienko, S Kaznachey, O Rudenko and V Tolmachov

The hybrid and undisguised aggression against Ukraine by the Russian Federation over the past eight years has led to an understanding of the urgent need to arm the Armed Forces with the latest armament and military equipment, and has spurred a significant increase in domestic military developments. This, in turn, led to an increase in the need to test military products, and the receipt of test requests became widespread. This determines the relevance of the development and implementation of information support system for testing, the purpose of which is to automate test processes and improve the efficiency of the test organization as a whole.

The article is a continuation of a series of publications that highlight the principles and approaches to the creation of information support system for testing samples of armament and military equipment, which is planned to be implemented at the State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification. Based on the proposals on the functionality of the information system, a generalized structure of the information and reference database of armaments and military equipment has been developed. It is proposed to expand the current classifier of armament and military equipment while keeping the structure of the code, which provides coding and entering information into the database of modern and promising models of armament and military equipment of foreign production.

It is assumed that the proposed structure of the information and reference database will provide functions to clarify and supplement the tactical and technical requirements for the tested model of armament and military equipment, which in turn will be the basis for developing programs and test methods, and will provide information needs for automated comparative assessment military-technical level of the studied product.

It is expected that the introduction of an information system to support the testing of armament and military equipment can significantly increase the capacity of the test organization while ensuring the proper quality of the results.

Keywords: database, tests, information system, classifier, armament and military equipment.

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 623.7 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.09

***Кохан В.В.**, **Рашевський Є.Ю., Скосирєв А.Ю., Лайське Є.В., Лернатович А.М.** Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ЛІТАКА Ан-26 ДООБЛАДНАНОГО КОНТЕЙНЕРАМИ ІЗ ЗАСОБАМИ ЗАХИСТУ ВІД КЕРОВАНИХ РАКЕТ

На сьогоднішній день найменш захищеними повітряними суднами від керованих ракет є літаки транспортної авіації. В зв'язку з чим виникла нагальна потреба в забезпеченні літаків типу Ан-26 засобами захисту від керованих ракет. Було проведено теоретичні та експериментальні дослідження. В ході досліджень визначені основні бойові, технічні та експлуатаційні характеристики літака Ан-26, дообладнаного модернізованими контейнерами із засобами захисту від керованих ракет.

***Ключові слова:** літак, контейнер, ракети, засоби захисту, дослідження, автоматизована система.*

Постановка проблеми. Під час виконання завдань в зоні проведення бойових дій військово-транспортна авіація піддавалась значним обстрілам, як зі стрілецької зброї так і з зенітно-ракетних комплексів. Для того, щоб мінімізувати втрати авіаційної техніки було прийнято рішення щодо дообладнання літаків типу Ан-26 модернізованими контейнерами із засобами захисту від керованих ракет. Дообладнання передбачає два варіанти бойового застосування модернізованих контейнерів. За першим варіантом – з комбінованими пристроями викиду "Адрос" КУВ 26-50, за другим варіантом – з комбінованими пристроями викиду "Адрос" КУВ 26-50 і станцією оптико-електронного подавлення СОЕП "Адрос" КТ-03У.

Актуальність дослідження. Станція оптико-електронного подавлення СОЕП "Адрос" КТ-01АВ та комбінований пристрій викиду "Адрос" КУВ 26-50 в складі різних літальних апаратів, успішно зарекомендували себе в ході бойових дій на сході нашої країни. На сьогоднішній день системами захисту від керованих ракет з інфрачервоними головками самонаведення оснащені вертольоти типу Ми-8, Ми-24 та літаки типу Су-25.

Враховуючи позитивні оцінки під час застосування станції оптико-електронного подавлення СОЕП "Адрос" КТ-01АВ та комбінованого пристрою викиду "Адрос" КУВ 26-50, виникла нагальна потреба в дослідженні можливості захисту транспортної авіації від зенітних ракетних комплексів саме цим оснащенням.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Полягає в необхідності розробки автоматичного комплексу захисту літальних апаратів від керованих ракет.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одними з авторів сучасності, які займаються дослідженнями захисту авіаційної техніки від керованих ракет з інфрачервоними головками самонаведення – є Кравчук І.С., Архипов М.І., Туренко С.М., Штарнов В.І., вони в своїй монографії викладають теоретичні основи та прикладні рекомендації щодо побудови комплексів захисту літальних апаратів від керованих ракет [1].

Аналіз сучасних досліджень показує, що для визначення показника захищеності використовується комбінація методу аналізу ієрархій та методу групового урахування аргументів [2, 3].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Під час проведення досліджень було акцентовано увагу на вплив людського фактору на виявлення керованих ракет з інфрачервоними головками самонаведення, під час виконання бойового завдання. Дослідження іноземної авіаційної техніки показали, що є необхідність у мінімізації людського фактору з процесу реагування, прийняття рішення та активації необхідних засобів захисту.

© Кохан В.В., Рашевський Є.Ю., Скосирєв А.Ю., Лайське Є.В., Лернатович А.М., 2022

ISSN 2706-7386

До складу автоматизованої системи захисту має входити система попередження про опромінення літального апарату, система попередження про пуск ракет, станція оптико-електронної протидії, станція постановки активних радіоелектронних завад, пристрої викидання хибних цілей [4].

Основна частина. Для дослідження основних характеристик був представлений літак Ан-26, дообладнаний модернізованими контейнерами:

26ИКО-КУВ з комплекту 26ИКО-М-03;

26ИКО-КУВ-КТ03У з комплекту 26ИКО-М-05;

та засобами захисту від керованих ракет: комбінований пристрій викиду (далі – пристрій) “Адрос” КУВ 26-50; станція оптико-електронного протидії (СОЕП) “Адрос” КТ-03У (Рис.1–4).



Рис.1. Загальний вигляд дообладнаного літака Ан-26



Рис.2. Модернізований контейнер 26ИКО-КУВ з пристроєм “Адрос” КУВ 26-50

ISSN 2706-7386



Рис.3. Модернізований контейнер 26ИКО-КУВ-КТ03У
з пристроєм “Адрос” КУВ 26-50 і СОЕП “Адрос” КТ-03У



Рис.4. Розміщення органів управління та індикації на робочому місці штурмана

Модернізовані контейнери 26ИКО-КУВ і 26ИКО-КУВ-КТ03У є подальшим розвитком контейнерів 26ИКО і 26ИКО-И та призначені для розміщення на літаку типу Ан-26 засобів захисту від керованих ракет:

на 2-х 26ИКО-КУВ – по 4 тримачі пристрою "Адрос" КУВ 26-50;

на 2-х 26ИКО-КУВ-КТ03У – по 4 тримачі пристрою "Адрос" КУВ 26-50 і по 1 блоку випромінювача СОЕП "Адрос" КТ-03У.

Модернізовані контейнери 26ИКО-КУВ і 26ИКО-КУВ-КТ03У є дослідними зразками, які розроблені та виготовлені ДП "Антонов".

Пристрій "Адрос" КУВ 26-50 є пасивним засобом захисту в інфрачервоному (ІЧ) і радіолокаційному (РЛ) спектральних діапазонах довжин хвиль та призначений для захисту повітряних суден (ПС) від:

засобів ураження – керованих ракет (КР) з ІЧ і РЛ головками самонаведення (ГСН);

засобів виявлення і розвідки – радіолокаційних станцій (РЛС) зенітних ракетних комплексів (ЗРК) та ПС.

Захист здійснюється шляхом відстрілу піротехнічних засобів (піропатронів) калібру 26 мм і 50 мм у відповідному спектральному діапазоні довжин хвиль (типу ППИ – для ІЧ діапазону, типу ППР – для РЛ діапазону).

Пристрій "Адрос" КУВ 26-50 є серійним зразком, який розроблений товариством з обмеженою відповідальністю "Науково-виробнича фірма "Адрон" (ТОВ "Адрон") і виготовляється державною акціонерною холдинговою компанією "Артем".

СОЕП "Адрос" КТ-03У є активним засобом захисту в ІЧ спектральному діапазоні довжин хвиль та призначена для захисту ПС від КР переносних ЗРК та авіаційних КР класу "Повітря-повітря" шляхом створення складної завадової обстановки для функціонування ІЧ ГСН з різними видами обробки сигналів від цілі (амплітудно-фазовою (АФ), частотно-фазовою (ЧФ) і часоімпульсною (ЧІ) модуляцією), що призводить до появи хибної інформації про місцезнаходження ПС (об'єкту захисту).

СОЕП "Адрос" КТ-03У є дослідним зразком, який розроблений ТОВ "Адрон" і виготовлений в одному екземплярі державним підприємством "Науково-виробничий комплекс "Прогрес".

Під час проведення досліджень, літак Ан-26 був дообладнаний системою бортових вимірювань (СБВ) належності ДП "Антонов" для реєстрації польотної інформації (у т.ч. тензо-вібровимірювань, траєкторних вимірювань, відеореєстрації). Обробка зареєстрованих параметрів виконувалась на наземному комплексі автоматизованої обробки польотної інформації ДП "Антонов".

Для реєстрації параметрів власного випромінювання літака Ан-26 та завадового випромінювання засобів захисту в ІЧ спектральному діапазоні довжин хвиль використовувався наземний вимірювальний стенд, побудований на базі ІЧ ГСН КР переносних ЗРК типу "Игла" (виріб 9Э410) і "Игла-1" (виріб 9Э418) та авіаційної КР класу "Повітря-повітря" типу Р-73 (виріб МК-80) належності ТОВ "Адрон". Експлуатація наземного стенду здійснювалась операторами ТОВ "Адрон", обробка зареєстрованих параметрів виконувалась на засобах наземного стенду.

Для реєстрації параметрів власного випромінювання літака Ан-26 та завадового випромінювання засобів захисту в РЛ спектральному діапазоні довжин хвиль використовувалась РЛС 9С35М1 самохідної вогневої установки (СВУ) 9А310М1 ЗРК 9К37 "Бук-М1" належності ПС ЗСУ. Експлуатація СВУ ЗРК "Бук-М1" здійснювалась штатною обслугою згідно правил стрільби і бойової роботи. Фіксація (документування) порядку бойової роботи обслуги та відеореєстрація індикаторів блоків апаратури СВУ виконувалась представником ДНДІ ВС ОВТ.

Фактично в процесі проведення досліджень виконано 8 випробувальних польотів із загальним нальотом 17–32 год., з них:

ISSN 2706-7386

2 контрольних польоти із загальним нальотом 2-02 год. – для перевірки працездатності СБВ;

4 польоти із загальним нальотом 10-55 год. – для визначення льотно-технічних характеристик, а також характеристик міцності (в комплексі);

2 польоти із загальним нальотом 4-35 год. – для визначення характеристик помітності літака Ан-26 в ІЧ/РЛ діапазонах довжин хвиль.

Фактично витрачено:

а) авіаційний гас – 24300 кг (без врахування перельотів між базами проведення ДСВ і наземних опробувань силової установки), з них:

15560 кг – на 1-му етапі (5 випробувальних польотів);

8740 кг – на 2-му етапі (3 випробувальних польоти);

б) піротехнічні засоби:

піропатрони типу ППР-50/ППР-26 – 160 шт./320 шт.;

піропатрони типу ППИ-50/ППИ-26 – 180 шт./360 шт., з них:

20 шт./40 шт. – при роботі виробу "Адрос" КУВ 26-50 на землі;

160 шт./320 шт. – при роботі виробу "Адрос" КУВ 26-50 в польоті.

За результатами експерименту встановлено:

1. Літак Ан-26, дообладнаний модернізованими контейнерами:

має масу 2-х модернізованих контейнерів (26ИКО-КУВ) із спорядженими тримачами пристрою "Адрос" КУВ 26-50, яка не перевищує 420 кг;

має масу 2-х модернізованих контейнерів (26ИКО-КУВ-КТ03У) із спорядженими тримачами пристрою "Адрос" КУВ 26-50 та СОЕП "Адрос" КТ-03У, яка не перевищує 520 кг.

2. Комбінований пристрій викиду "Адрос" КУВ 26-50 забезпечує розміщення, транспортування і викид із одного пристрою хибних теплових цілей (ХТЦ) і протирадіолокаційних патронів (ППР).

3. Модернізовані контейнери забезпечують розміщення:

по 4 тримачі комбінованого пристрою викиду "Адрос" КУВ 26-50 у лівому та правому контейнерах, електричних джгутів, роз'ємів, що необхідні для забезпечення його застосування;

по 4 тримачі комбінованого пристрою викиду "Адрос" КУВ 26-50 у лівому та правому контейнерах та однієї СОЕП "Адрос" КТ-03У у правому контейнері, електричних джгутів, роз'ємів, що необхідні для забезпечення її застосування (під час досліджень у лівому контейнері розміщувався габаритно-масовий макет).

Аналіз основних показників тактико-технічних характеристик літака Ан-26, дообладнаного модернізованими контейнерами із засобами захисту від керованих ракет, до та після модернізації, на прикладі прототипів контейнерів зі штатними засобами захисту (автоматом скидання відбивачів АСО-2В та станцією оптико-електронної протидії Л166-В1А), свідчить про переваги і недоліки нових засобів.

Основними перевагами нових засобів захисту є:

збільшена кількість одночасно підвішених контейнерів (4 замість 2);

наявність в пристрої "Адрос" КУВ 26-50 піропатронів двох калібрів 26 мм і 50 мм (замість одного калібру 26 мм);

збільшена кількість програм відстрілу піропатронів (13 замість 4);

зменшена споживана потужність пристрою "Адрос" КУВ 26-50 по ланцюгу живлення постійного струму +27 В (на 30 %);

підвищена інформативність індикації на пультах керування;

покращені кількісні та якісні показники ефективності захисту.

Основними недоліками нових засобів захисту є:

збільшені масо-габаритні значення модернізованих контейнерів;

збільшена споживана потужність станції "Адрос" КТ-03У по ланцюгу однофазного змінного струму 115 В частотою 400 Гц (в 2 рази);

відсутність захисту станції "Адрос" КТ-03У при рулінні літака;

погіршені окремі льотно-технічні характеристики літака.

Висновки.

Літак Ан-26, дообладнаний модернізованими контейнерами, у всьому діапазоні польоту забезпечує виконання польотів в умовах застосування противником керованих ракет з інфрачервоними головками самонаведення та не забезпечує виконання польотів в умовах застосування противником керованих ракет з радіолокаційними головками самонаведення (РЛС СВУ ЗРК Бук-М1);

Для підвищення бойової ефективності літак Ан-26, дообладнаний модернізованими контейнерами із засобами захисту від керованих ракет, необхідно оснастити автоматизованою системою захисту з можливістю попередження про опромінення літального апарату та про пуск ракет, з можливістю автоматичного прийняття рішення щодо застосування захисту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кравчук І.С. Захист повітряних об'єктів від ракет з інфрачервоним самонаведенням: монографія / І.С. Кравчук, М.І. Архипов, С.М. Туренко, В.І. Штарнов. – Київ: Видавничий дім "Інтернаука", 2020. – 230 с.

2. Башинський В.Г. Метод комплексної оцінки захищеності літальних апаратів від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення / В.Г. Башинський, Ю.О. Камак, В.М. Феденько // АВІА-2013: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції Національного авіаційного університету, 21–23 травня 2013 року. – Київ: НАУ, 2013. – С. 433–444.

3. Кравчук І.С. Обґрунтування параметрів хибних теплових цілей для захисту літальних апаратів від керованих ракет з інфрачервоним самонаведенням / І.С. Кравчук, О.І. Сподін, В.І. Нікітченко, В.Г. Березанський // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2020. – Вип. № 4(41). – С. 71–78.

4. Шляхи оснащення літальних апаратів Збройних Сил України засобами захисту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ukrmilitary.com/2015/12/zahyst-la.html.

Кохан В'ячеслав Володимирович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3372-7612
E-mail: khnvcslv@gmail.com
+38063-944-20-27

Рашевський Євген Юрійович
начальник науково-дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-0411-9522
E-mail: reyu69@i.ua
+38093-756-08-86

Viacheslav Kokhan
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3372-7612
E-mail: khnvcslv@gmail.com
+38063-944-20-27

Yevhen Rashevskyi
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-0411-9522
E-mail: reyu69@i.ua
+38093-756-08-86

Скосирєв Андрій Юрійович
провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4797-0285
E-mail: skosyrev-an@meta.ua
+38063-427-23-79

Andrii Skosyriev
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4797-0285
E-mail: skosyrev-an@meta.ua
+38063-427-23-79

Лайське Євгеній Вікторович
провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-00023-4800-1120
E-mail: lewik2008@ukr.net
+38063-584-76-65

Yevhenii Laiske
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-00023-4800-1120
E-mail: lewik2008@ukr.net
+38063-584-76-65

Лернатович Андрій Маріанович
провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9662-8577
E-mail: frigate@meta.ua
+38073-029-50-47

Andrii Lernatovych
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9662-8577
E-mail: frigate@meta.ua
+38073-029-50-47

STUDY OF A MODERNIZED AH-26 AIRCRAFT EQUIPPED WITH CONTAINERS WITH MEANS OF PROTECTION AGAINST GUIDED MISSILES

V Kokhan, Y Rashevskyi, A Skosyriev , Y Laiske and A Lernatovych

To date, given the significant losses in the east of our country during the Russian-Ukrainian war, there is an urgent need to provide protection for both the crew and aircraft in general. The retrofitting of the An-26 aircraft with modernized containers with means of protection against guided missiles resolved a number of issues raised. In the course of experimental research, the main combat, technical and operational characteristics of the An-26 aircraft, equipped with modernized containers with means of protection against guided missiles, were determined.

To study the main combat, technical and operational characteristics, an An-26 aircraft was presented, equipped with modernized containers, means of protection against guided missiles: a combined emission device and an optoelectronic countermeasure station.

The An-26 aircraft equipped with modernized containers with means of protection against guided missiles when working on the ground and in flight, is operational.

The main combat, technical and operational characteristics of the An-26 aircraft, equipped with modernized containers with means of protection against guided missiles, generally meet the requirements of regulatory documentation, except for incomplete completeness of optoelectronic countermeasures station, twice limited protection zone of the station in azimuth, and ineffectiveness of aircraft protection by thermal trap emission device in the radar spectral range of wavelengths with the help of pyrocartridges for the radar station of the self-propelled anti-aircraft missile system.

A comparative analysis of the main indicators of tactical and technical characteristics of the An-26 aircraft, upgraded with modernized containers with means of protection against guided missiles, before and after modernization, on the example of prototypes of containers with standard means of protection, reveals advantages and disadvantages of new means of protection.

Keywords: *aircraft, container, missile, means of protection, research, automated system.*

ISSN 2706-7386

УДК 004.056.54., 004.493 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.10

Кравченко В.С., Руденко О.В., Доманов І.О., Казначей С.М. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

АНАЛІЗ ФІШИНГ-АТАК. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЗАХИСТУ

Атаки, початковим етапом яких є дії зловмисника, які використовують методи соціальної інженерії, на даний момент є одним із найпоширеніших видів атак. При використанні соціальної інженерії зловмисник прагне отримати конфіденційну інформацію та доступ до різних сегментів підприємства, що цікавлять, за допомогою психологічного впливу та маніпуляцій на користувачів. Щоб успішно провести атаку за допомогою соціальної інженерії, необхідно увійти в довіру до "жертви", що успішно здійснюється за допомогою цільового (персоналізованого) фішингу. Через відносну легкість здійснення сьогодні спостерігається стрімке зростання використання цільових фішингових атак як на домашні персональні комп'ютери, так і на комп'ютери співробітників великих компаній. Цільові атаки фішингу ретельно продумуються для впливу на певний тип людей, і навчити користувачів їх розрізняти практично неможливо. У цій статті розкриваються поняття та методи цільового фішингу, а також рішення та способи захисту від цього виду атак. Крім того, ця оглядова стаття є спробою навчити користувачів розпізнавати цільові фішингові електронні листи. У статті наводяться приклади атак з використанням цільового фішингу.

Ключові слова: *фішинг; соціальна інженерія; цільовий фішинг; персоналізований фішинг; атака.*

Постановка проблеми. Одним із найуразливіших компонентів будь-якої системи захисту є виконавці, які використовують техніку захисту інформації, а також співробітники компанії, які можуть часто нехтувати правилами політики безпеки. Експлуатуючи цю вразливість системи захисту інформації та корпоративної інформаційної системи в цілому, за допомогою методів соціальної інженерії, зловмисник може отримати інформацію користувача для подальших шахрайських дій. Найбільш популярний на сьогоднішній день метод соціальної інженерії – цільовий (персоналізований) фішинг.

Найпоширеніше визначення фітингу – це листи на електронну пошту, схожі повідомлення від існуючих, легальних організацій. Дані повідомлення зазвичай несуть не ознайомлювальний характер, а примушують, підштовхують користувача до будь-якої дії, наприклад, підтвердження облікового запису. Такі листи розсилаються великій кількості користувачів і, зазвичай, не містять у собі будь-якої детальної інформації про атаковане. Цільовий фішинг є більш складною модифікацією фішингових атак і, перш ніж здійснити таку атаку, зловмисник повинен з'ясувати якомога більше особистої інформації про жертву, тому цільовий або персоналізований фішинг вимагає ретельної підготовки і не малих фізичних та матеріальних витрат від зловмисника. Але ймовірність проведення успішної атаки на основі цільового фішингу в рази збільшується порівняно зі звичайним нецільовим фішингом.

Через те, що спеціалізовані засоби захисту інформації, здатні виявити фішингові листи, нині мало використовуються на підприємствах, а нормативні правові акти, які б регламентували сферу соціальної інженерії та фішингу практично відсутні в нашій країні, проблеми, підняті в цій статті актуальні і вимагають подальшого вивчення.

Актуальність дослідження. У цій статті розглядається актуальний на сьогоднішній день інформаційний злочин – фішинг, а також аналізуються існуючі сьогодні проблеми виявлення, усунення, профілактики таких злочинів та визначається, які існують способи боротьби з кіберзлочинністю, зокрема, з фішингом.

© Кравченко В.С., Руденко О.В., Доманов І.О., Казначей С.М., 2022

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика кібербезпеки привертає значну увагу науковців з кінця XX ст. Дослідження в цій сфері традиційно мають міждисциплінарний характер. До наукових досліджень, присвячених правовим проблемам кібербезпеки, можна віднести публікації зарубіжних (H. Bruijn, K. E. Eichensehr, U. Gorham-Oscilowski, P. T. Jaeger, J. Jang-Jaccard, M. Janssen, C. Leuprecht, S. Nepal, D. C. Schleher) і вітчизняних (О. А. Баранов, Д. В. Дубов, Б. А. Кормич, В. А. Ліпкан).

Метою статті є визначення ключових стратегічних проблем і шляхів їх вирішення задля розбудови ефективних механізмів забезпечення кібербезпеки в частині протидії злочинам фішингу.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сучасному етапі розвитку суспільства неможливо уявити наше життя без розумних помічників – комп'ютерів. За невеликий період часу комп'ютеризація завоювала всі сфери життя суспільства, що призвело до того, що в даний час комп'ютери є суспільно важливими інструментами трудової діяльності, спілкування, розваги. Глобальна комп'ютеризація породила такі поняття, як інформаційно-комунікаційні мережі, мережа Інтернет тощо.

З одного боку, масштабне впровадження та використання комп'ютерної техніки дуже полегшує життя як людині, так і суспільству. Завдяки “даному диву техніки” з'явилося багато нових професій та сфер розваг. Активна та масова комп'ютеризація “підштовхує” прогрес, що виражається у величезних запитах розвитку науки та нових технологій для створення та розвитку все більш потужних та досконалих електронно-обчислювальних пристроїв. Розвивається наукомістке виробництво в багатьох країнах, потрібна велика кількість передових фахівців.

З іншого боку, у зв'язку з масовим поширенням комп'ютерів, світова спільнота зіткнулася з такими явищами, як протиправна діяльність з використанням комп'ютера (і (або) проти комп'ютерів), а також дана діяльність через мережу Інтернет. Ці протиправні дії отримали назву “кіберзлочинність”. При цьому тенденція даних злочинних діянь з кожним роком все збільшується.

Варто окремо відзначити розмах кіберзлочинності. На сьогоднішній день багато міжнародних експертів стверджують, що кількість кіберзлочинів становить 30% від загальної кількості злочинів, що скоюються у світі, тобто кожне третє злочинне діяння у світі відбувається у віртуальному просторі. Проблема кіберзлочинності набула глобального масштабу. Ця загроза актуальна не тільки для України, але і для всієї світової спільноти. За статистикою, кожну секунду у світі відбувається близько 18 спроб здійснення протиправного діяння в ІТ-сфері, і близько 40% з них – вдалі. За даними багатьох аналітичних компаній, близько 2/3 користувачів Інтернету хоча б раз ставали жертвами кіберзлочинців (у деяких випадках жертва навіть не підозрює про скоєний щодо неї злочин). Світова шкода від кіберзлочинів обчислюється мільярдами. Лише за 2020 рік світова економіка втратила близько 400 млрд доларів через активну діяльність кіберзлочинців [2].

Кіберзлочинність фішингових атак в Інтернеті зростає протягом багатьох років. Вже на початку поширення пандемії в Україні короновірусної хвороби в березні 2020 року вказувалося, що кількість зареєстрованих випадків шахрайства в Інтернеті зросла. Навіть тоді багато інтернет-шахраїв використовували коронавірус для своїх шахрайств. Проаналізувавши відсоток користувачів Інтернет в окремих країнах які знаходяться в Європі які стали жертвами крадіжки особистих даних у 2018–2021 році. Статистика показує, що в порівнянні з 2018 та 2021 році відсоток користувачів які стали жертвами фішингових атак збільшується, що наведено на рисунку 1.

ISSN 2706-7386



Рис.1 Аналіз інцидентів фішингу.

Наведені дані показують що Австрія тут вище середнього по статистиці країн, які зазначені для проведення аналізу в таблиці. Це також означає, що Австрія має нижчу середню оцінку щодо безпеки в Інтернеті порівняно з іншими Європейськими країнами.

Сьогодні питання поняття кіберзлочину залишається досить спірним. Представники наукового світу, а також фахівці в IT-сфері досі не можуть виробити єдине та узгоджене визначення даного протиправного діяння. Загалом, ми можемо сказати, що це злочини, які відбуваються за допомогою комп'ютерної системи чи мережі (Інтернету), у межах комп'ютерної системи чи мережі (Інтернет), або проти комп'ютерної системи чи мережі (Інтернет) [2].

Багато вчених і фахівців також розмежовують кіберзлочинність як правову категорію, та як соціальне явище. Для першого характерне конкретне протиправне діяння з використанням комп'ютера, комп'ютерної мережі чи мережі Інтернет. Кваліфікація даних діянь у рамках кіберзлочинів не викликає сумнівів і складнощів, оскільки тут явно виражені ознаки віртуального протиправного діяння [2].

Більш масштабні справи з другим поняттям кіберзлочинності як соціальним явищем. Дане уявлення включає як усі злочинні діяння в IT-сфері, і побічно виражені діяння, які мають характер, що“підтримують”, “допомагають” здійсненню злочинного діяння. Яскравими прикладами даного трактування кіберзлочинів є спілкування між злочинцями у вигляді віртуальних повідомлень, листів, розміщення кримінально орієнтованої інформації на сайтах тощо.

Дані злочини характеризуються анонімністю, максимальною скритністю злочинця. Як відомо, в інформаційному просторі досить важко знайти особу, яка вчинила протиправне діяння. Але складність виявлення та формування своєрідної “подушки безпеки” для злочинця забезпечують спеціальні засоби та програми (анонімайзери, використання інтернет-кафе тощо).

Дані злочини відрізняються своєю мобільністю, тобто можна вчинити злочин з будь-якої точки земної кулі, знадобиться тільки комп'ютер та Інтернет. А також варто зазначити, що злочинець і жертва також можуть бути в абсолютно різних країнах світу і між ними може існувати величезна відстань.

ISSN 2706-7386

Нестандартність кіберзлочину також є відмінною рисою цього виду злочинів. Досить складно, а часом і неможливо, передбачити подальші дії кіберзлочинця та розвиток подій. Також варто відзначити складність шахрайських схем у віртуальному просторі.

Можливість автоматизму кіберзлочинів – свого роду "ноу-хау" у злочинному світі. У цій ознаці закладено можливість вчиняти злочини у віртуальному просторі в автоматичному режимі. Наприклад, хакер створює шкідливу програму, яка, своєю чергою, робить кіберзлочини (проникає на чужі комп'ютери і відправляє особисту інформацію) без участі розробника, тобто в автономному режимі [4].

Згідно зі звітом Verizon про кібербезпеку, зловмисник, який відправив 10 персоналізованих фішингових листів, має 90-відсоткову ймовірність того, що одна людина потрапить у пастку [1].

За даними компанії Group-IB, щодня жертвами фінансового фішингу в Україні стають близько 1000 клієнтів різних банків, що втричі перевищує щоденну кількість жертв від шкідливих програм, а близько 10-15% відвідувачів фінансових фішингових сайтів наводять на них свої дані [2]. Крім того, будь-яка фішингова атака може бути першим етапом життєвого циклу атаки, яка призведе до ще серйозніших наслідків, у тому числі грошових збитків та деструктивних впливів на інформаційну систему.

Завдяки тому, що зловмисники звертаються до атакованого по імені та знають точну адресу одержувача, збільшується ступінь довіри до шкідливого листа та ймовірність того, що атака буде успішною, підвищується у кілька разів.

Ситуація посилюється тим, що на даний момент не існує засобів захисту інформації, які були б здатні гарантовано детектувати та запобігати атакам, що починаються з цільового фішингу, в якому зловмисники використовують людський фактор як уразливість системи, і лише технічних (програмних) засобів захисту у цьому випадку недостатньо.

Класичний фішинг – це масове розсилання листів з ідентичним змістом. Цільовий фішинг (англ. spear-phishing), на відміну від класичного, спрямований на конкретну мету, а отже є набагато небезпечнішим. Якісно складений лист для цільового фішингу дуже важко відрізнити від легітимного листа.

Крім того, цільовий фішинг передбачає ретельну підготовку та великі витрати ресурсів, таких як час та кошти. Але ймовірність проведення такої атаки набагато успішніша, ніж атака за допомогою звичайного фішингу, отже, дана атака окупить всі витрати на її проведення.

Структура цільової атаки фішинга складається з декількох етапів. Першим етапом, як і будь-яких інших видах атак, є планування. На даному етапі проводиться розвідка та аналіз уразливостей. Наступним етапом виступає підготовка, на якому зловмисники з'ясовують потрібні адреси електронної пошти: купують списки на інших тіньових ресурсах та отримують конкретний список для розсилки листів по діючих адресах або за допомогою шкідливого ПЗ, яке збирає адреси. Потім реєструється домен і створюється фальшивий веб-сайт, з правдоподібним виглядом, на який будуть перенаправлятися жертви і на цьому етапі відбувається складання фішингових листів.

Після цього шахраї реалізують атаку: надсилають листи та впроваджують шкідливе ПЗ. Далі проводиться збір інформації, зловмисники отримують облікові дані або інші відомості про банківські рахунки жертв, за допомогою яких крадуть дані та (або) кошти, вони використовують інформацію у своїх цілях та шантажують користувачів. Заключним етапом структури цільової атаки фішинга є приховування присутності зловмисника в системі. Цей етап спрямований на маскування зловмисника та, в окремих випадках, на впровадження шкідливого програмного забезпечення, який дозволить приховати метадані зловмисника та вплинути на системні журнали та журнали безпеки, які могли зафіксувати ті чи інші дії зловмисника у системі.

ISSN 2706-7386

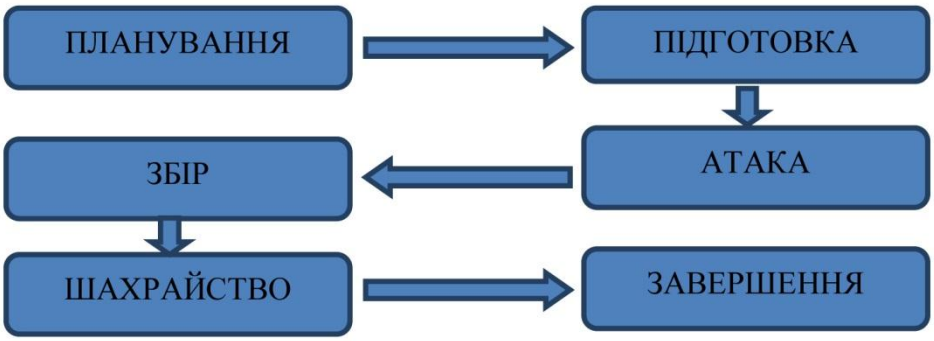


Рис.1. Структура цільової атаки фішингу

Залежно від атакуючого впливу можна виділити кілька видів фішингових листів [5]:

1. Лист, що містить посилання.

У такому шахрайському листі міститься посилання, яким повинен перейти атакований. Атакований повинен перейти на певний веб-ресурс, де, використовуючи вразливість самого сайту або браузера користувача, шахраї спробують запровадити зловмисне програмне забезпечення. Для таких дій зловмисниками спеціально створюються фішингові сайти, час життя яких невеликий. Найчастіше вони є точними копіями відомих сайтів, повторюючи їх дизайн, структуру та функціональність. При переході на посилання користувач стає жертвою різних видів міжсайтових скриптингів Cross Site Scripting (XSS) – атак. Суть даних атак полягає у виконанні скрипту в браузері та подальшій його взаємодії з сервером зловмисника. Ці операції дозволяють отримати доступ до даних браузера і дозволяють застосовувати до нього експлойти, а також отримувати cookie, дані авторизації або, наприклад, виконувати HTTP-запити від імені користувача [4]. Сьогодні зловмисники навіть рекламують свої ресурси у соціальних мережах та пошукових системах і виводять у топи посилання на свої фішингові сайти.

2. Лист із шкідливим вкладенням.

Як вкладення у фішинговий лист зловмисник може помістити імітацію звіту колеги за попередній місяць, завдання від керівника або повідомлення від банку, який надіслав користувачеві позов за несплату за кредитом. Вкладення бувають у форматах *.doc або *.pdf. Файли формату *.pdf часто містять JavaScript. Тому для зловмисника досить просто створити деякий скрипт, який використав би одну з уразливостей двигуна від Adobe [5]. У документах Microsoft Office зловмисне програмне забезпечення може завантажуватися за допомогою макросів, які містять файл. При відкритті документа виконання макросу дозволяє встановити з'єднання із сервером зловмисника та розпочати завантаження. Для захисту від цього виду листів у рамках політики безпеки в організаціях необхідно відключати підтримку макросів. Але, якщо користувач не дотримується політики безпеки, то при використанні соціальної інженерії, зловмисник може змусити його відключити захист від макросів [5], [6]. На даний момент більшість способів експлуатації вразливостей пакета прикладних програм Microsoft Office не потребують використання макросів. Наприклад, використовуючи найпопулярнішу вразливість 2017 CVE-2017-0199 [6], при відкритті вкладеного *.rtf файлу можна підвантажити елемент HTA (Html Application), додаток, що підтримує виконання сценаріїв, зі стороннього сервісу і запустити його. Крім розглянутих випадків, існує безліч інших офісних продуктів і форматів, з якими вони працюють. Але принцип атаки один і той же – запустити прихований сценарій, який дозволить завантажити ПЗ зловмисника на комп'ютер, що атакується. Найпопулярнішими інструментами для створення шкідливих вкладень, що надсилаються у фішингових листах, стали Microsoft Word Intruder (MWI) та Offensive Ware Multi Exploit Builder (OMEB) [2].

У нещодавній фішинговій кампанії група 74 (також відома як Sofact, APT28, Fancy Bear) націлилася на професіоналів у сфері кібербезпеки. Було написано електронного листа, нібито пов'язаного з конференцією Cyber Conflict US conference та заходами, організованими

ISSN 2706-7386

United States Military Academy Army Cyber Institute, NATO Cooperative Cyber Military Academy та NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. Хоча CyCon – це справжня конференція, вкладення було документом, що містить шкідливий макрос Visual Basic для додатків (VBA), який завантажував і запускав шкідливе програмне забезпечення, зване Seduploader [8]. Хоча атакованими були фахівці з безпеки, які мають широкі знання в галузі інструментарію зловмисників, атака була проведена успішно і зловмисникам вдалося отримати особисті дані великої кількості фахівців з безпеки.

Ще одним яскравим прикладом фішингової атаки є атака Energetic Bear, яка включає розсилку фішингових листів зі шкідливим вмістом. Основними цілями цієї атаки є підприємства паливно-енергетичного комплексу та інші промислові підприємства. Проведення такої атаки допомагає зловмиснику провести сканування скомпрометованих систем на наявність уразливостей.

З усіх можливих варіантів отримання несанкціонованого доступу до облікового запису за допомогою цільового фішингу найефективнішим на сьогоднішній день є використання фішинг-движків, які також називаються фейками [5]. Заснований цей метод на веб-програмуванні та соціальній інженерії. Двигуни виконують три основні функції:

Двигуни виконують три основні функції:

1. Імітація інтерфейсу за заданою ситуацією, пов'язаною з операціями користувача.
2. Копіювання та обробка незаконно отриманих облікових даних користувача.
3. Повернення користувача на відповідну ситуацію на сторінці офіційного сервісу.



Рис.2. Використання фішинг-движків та їх основні функції
Джерело: розроблено авторами за даними [5]

Двигун складається з елементів скопійованого Інтернет-ресурсу та програм скриптів, написаних зловмисником. Зібраний і готовий до роботи двигун зловмисник розміщує на сервері та дає йому підготовлене доменне ім'я.

У разі використання фішингу як інструмента комбінованої атаки, фішинговий лист може містити шкідливий файл, наприклад бекдор, що відкриває доступ зловмиснику до операційної системи комп'ютера користувача та його мережевого оточення.

У ході підготовки до цілеспрямованої атаки фішинга здійснюється вивчення кола спілкування атакованого, його інтересів, сфери діяльності. Крім цього, зловмисникам необхідно розуміти, яким програмним забезпеченням та пристроями користується атакований. Залежно від методів авторизації, перегляду листів необхідно підготувати інтерфейс фішинг-движка. Також для зловмисника важливо знати, у який період часу користувач здійснює обробку пошти. Крім того, зловмисником збирається інформація про провайдерів і місця, що використовуються, де здійснюється підключення до мережі “Інтернет”. Ці відомості необхідні для підготовки персоналізованого фішинг-движка, і навіть планування подальших дій зловмисника.

Слід зазначити, що фішери в рамках своєї злочинної діяльності використовують різні методи психологічного впливу, спираючись на такі риси особистості, як довірливість,

жадібність, лінь, почуття співчуття, поспішність у прийнятті важливих рішень, бажання отримати "легкий" заробіток або примножити свій добробут. При цьому в більшості випадків кіберзлочинці прикриваються іменами та логотипами великих знаменитих компаній, поштових сервісів, масових соціальних мереж, працівників органів виконавчої влади, банків, бізнес-партнерів та інших.

Фішингові атаки можуть здійснюватися за допомогою інтернет- або СМС-розсилок листів з різних віртуальних джерел, інформаційна складова яких спонукає користувача дотримуватися вказівок та вчиняти необхідні злочинцю дії.

Можливість доступу до конфіденційних даних користувача може бути отримана за допомогою створення "сайтів-близнюків", зовні схожих з оригінальними як за інтерфейсом, так і за адресою IP (тобто адресою сайту в мережі Інтернет). Наприклад, користувачеві надходить повідомлення на поштову скриньку про необхідність пройти повторну авторизацію, для чого слід перейти за посиланням і ввести свої облікові дані. Відкривши в браузері зазначене посилання, користувач потрапляє на сторінку добре знайомого сайту з вікном для авторизації, нічого не підозрюючи, вводить свої дані, після чого сторінка або автоматично перезавантажується, і з'являється все те ж вікно авторизації, або перенаправляє обліковий запис користувача далі для введення іншої особистої інформації. При цьому варто звернути увагу, що для реєстрації адреси підробленого сайту достатньо скопіювати оригінальну назву, замінивши в ній лише одну літеру або символ.

За статистикою, 27% спроб усіх атак фішингу відбувається через електронну пошту. При цьому постраждалими виявляються не лише ошукані користувачі, а й корпорації, які володіють знаменитими брендовими інтернет-ресурсами. У 2020 році спостерігалося ранжування фішингових сторінок залежно від пристроїв, які використовують вихід у глобальну мережу. Наприклад, через мобільні пристрої переважно поширювалися фішингові сторінки соціальних мереж та банків. Через електронну пошту, як правило, розповсюджувалися фішингові листи, приурочені до періоду продажів, наприклад таких, як чорна п'ятниця в листопаді. Згідно зі звітом ізраїльської компанії Check Point (компанія займається розробкою програм у сфері забезпечення кібербезпеки) у 2020 році найбільше постраждали такі інтернет-ресурси як Facebook (18 % фішингових атак у світі), Yahoo (10 %), Netflix (5 %), PayPal (5%), Microsoft (3%), Apple (2%), Google (2%) та ін [1].

Ще одним способом фішингової атаки є перехід за активним посиланням, яке не перенаправляє на підроблену сторінку сайту, а ініціює процес автоматичного завантаження на комп'ютер або мобільний пристрій шкідливого програмного забезпечення, здатного зчитувати особисті дані користувача, збережені як у текстових файлах, пам'яті браузера або інтернет-банкінгу, що так і безпосередньо вводяться через клавіатуру після завантаження вірусу. Такі програми можуть порушувати загальний режим роботи пристрою, блокувати доступ до інших програм або файлів, однак у деяких випадках вони залишаються фоновими та непомітними для користувача.

Незважаючи на те, що механізмів роботи фішингу не так вже й багато, хакери вдосконалюють свою діяльність у цьому напрямку і впроваджують нові способи обману. У зв'язку з чим фішинг може бути класифікований також за адресатами, яким призначені листи-пастки.

Популярним є приклад листа від іноземного адвоката, який повідомляє користувачеві сумну звістку про смерть далекого родича, що залишив для нього велику спадщину, для отримання якого потрібно або перехід за посиланням, або подальше листування та відправлення конфіденційних даних.

Різновидом цілеспрямованого фішингу є уейлінг, який спрямований на обман знаменитих громадських людей, керівників великих організацій, банків, державних органів з метою розкрадання особистих даних, інформації про співробітників та коштів. Прикладами можуть бути посилання на скарги клієнтів, судові повістки чи інша інформація. Вейлінгові листи найчастіше використовують вкладені документи, тому що їх наявність не викликає сумніву у користувача про реальність намірів бізнес-партнера або підлеглого працівника.

ISSN 2706-7386

У листопаді 2021 року Національний координаційний центр кібербезпеки при Раді національної безпеки і оборони України повідомив про активне зростання фішингових атак з використанням теми вакцинації від COVID-19. Уже зафіксовані випадки, коли людям через різноманітні канали комунікацій (месенджери, електронну пошту) приходить повідомлення про доступні виплати за вакцинацію на кілька тисяч гривень. Далі шахраї пропонують перейти за посиланням на фальшиву сторінку сайту та заповнити особисті дані та реквізити банківських карток. Так з особистих рахунків знімаються кошти.

Навчання та обізнаність співробітників компанії є основним фактором зниження ризику цільового фішингу. Щоб захиститися від цільового фішингу, необхідно насамперед ввести певні організаційні заходи і навчити співробітників розпізнаванню таких шахрайських листів.

Перше, на що варто звернути увагу – це листи, в яких міститься прохання або вказівка ввести будь-які дані шляхом переходу за посиланням або якимось іншим способом. Ніяка служба не повинна запитувати дані користувача, оскільки вони й так уже є у їхній системі.

Другий момент, який повинен насторожити користувача – вказівка у листі загрози про блокування облікового запису, якщо не наслідувати інструкцію. Це приклад маніпуляції із боку зловмисників.

Звичайно, при отриманні листа на електронну пошту варто звернути увагу на адресу відправника. У ньому можуть бути невеликі відмінності від офіційної адреси служби, наприклад, одна зайва літера, знак або заміна літери на цифру.

Однак при збігу адреси відправника з офіційною адресою не є стовідсотковим доказом того, що лист не є фішинговим. Зловмисники можуть маніпулювати відображенням посилання в адресному рядку за допомогою технології спуфінг (англ. Spoofing – обман, містифікація). Зловмисники також можуть підробляти навіть SSL-сертифікат – цифрове посвідчення сайту, яке підтверджує, що обмін даними між сайтом і браузером йде захищеним каналом. Таким чином, використовувати лише організаційні заходи для захисту від цільових атак фішингу не можна.

Крім організаційних заходів, які, безумовно, допоможуть знизити ризик атак цільового фішингу, існують різні програмні рішення для виявлення та припинення спрямованого фішингу.

Фільтрація небажаних листів – основний етап захисту у боротьбі з фішингом.



Рис.3. Системи фільтрації спаму.
Джерело: розроблено авторами за даними [3]

Широке застосування перевірки електронної пошти за допомогою взаємодоповнюючих методів автентифікації листів та виявлення поштових повідомлень від зловмисників, таких як: SPF (Sender Policy Framework – вид автентичності, допомагає ідентифікувати авторизовані поштові сервери для конкретного домену) та DKIM (DomainKey автентифікації, дозволяє перевірити та визначити авторизацію електронного листа, отриманого з даного домену) забезпечить ефективну протидію цільовому фішингу. Додатковий захист для листів може також забезпечити очищення Hyper Text Markup Language (HTML) у випадках, коли за допомогою SPF та DKIM не вдається перевірити справжність повідомлення. При використанні очищення HTML можливий перегляд прихованого, потенційно небезпечного вмісту, оскільки перехід за URL-адресами неможливий і посилання перетворюються на текст.

Ще одним методом для боротьби з цільовим фішингом може виступити виявлення фактів неавторизованого доступу до комп'ютера та виявлення шкідливого ПЗ за допомогою системи виявлення вторгнень Intrusion Detection System (IDS), а також система запобігання вторгненням Intrusion Prevention System (IPS). Перша система здійснює пошук зловмисних файлів сигнатурним аналізом, у якому експлуатація вразливостей нульового дня залишиться непоміченою. IPS ж проводить дії у відповідь на порушення, ніж більшою мірою корисна для забезпечення безпеки.

Також можуть використовуватися комплексні рішення, наприклад, Unified Threat Management (UTM) – системи, що включають в себе відразу перераховані вище рішення: міжмережевий екран, фільтр URL, антивірусне рішення, спам-фільтри, IDS/IPS. Їх застосування спрощує налаштування та навчання персоналу, а також знижує витрати на захист.

Одне з комплексних рішень представляє компанія Cisco – комплексний засіб захисту IronPort, який спрямований саме на боротьбу з цільовим фішингом. Даний засіб захисту забезпечує захист від цільового фішингу шляхом моніторингу листів та веб-трафіку та технології перевірки автентичності повідомлень. Ефективно виявляти та блокувати цілеспрямовані фішингові атаки, засобу захисту IronPort, дозволяє мережа SenderBase, де виконується постійний моніторинг більш ніж 30% світового поштового трафіку та веб-трафіку.

Маючи інформацію про IP-адреси, SenderBase відстежує необхідні параметри (обсяг листа при відправці та обсяг трафіку з веб-сайту, рівні скарг, параметри обліку в “пастках спаму”, дозвіл імен DNS, країна походження та наявність у чорному списку, коли було зареєстровано доменне ім'я та ін.), використовуючи які, надалі визначає показник репутації та рівень загрози листа. Надавши URL-адресі показники репутації, за допомогою фільтра веб-репутації IronPort Web Reputation Filters, пристрої IronPort мають право дозволити позначити або заблокувати листи від відправників [1].

Використання таких комплексних рішень дозволить багато разів знизити ймовірність проведення успішної цільової фішингової атаки.

Висновки.

Отже, знання фахівцями основ і тактик застосування соціальної інженерії, і, зокрема, механізмів фішингових атак, здатне істотно вдосконалити систему захисту інформації через те, що майже всі атаки починаються з етапу розвідки. Розуміння основних принципів соціальної інженерії має враховуватися при проєктуванні системи захисту інформації, розробки регламентів інформаційної безпеки, політики безпеки і, безсумнівно, допоможе при розслідуванні інцидентів інформаційної безпеки, що вже відбулися.

Таким чином, аналіз механізмів та способів реалізації фішингових атак дозволяє визначити основні заходи щодо запобігання розкраданню шляхом використання комп'ютерної техніки, пов'язаних з несанкціонованим доступом до конфіденційних даних:

1. При отриманні підозрілого листа від адміністрації добре знайомого сайту, навіть якщо за зовнішніми ознаками він ідентичний справжньому, доцільно переконатися в

правильному написанні як доменного імені сайту (URL-адреси), так і самого відправника, оскільки найчастіше вони відрізняються лише однією двома літерами (символами). Тільки після цього можна вводити свої особисті дані, що відкривають доступ до фінансових ресурсів.

2. Слід уважно ознайомитись із змістом листа. У більшості випадків зловмисники вимагають активних дій від користувача під загрозою обмеження його прав щодо використання конкретного ресурсу, що ніколи не робитимуть співробітники реальної адміністрації. У цьому випадку доцільно зв'язатися з представниками сайту чи організації та уточнити отриману інформацію.

3. До уваги треба приймати стилістичні ознаки викладу тексту. Деякі злочинці складають повідомлення іноземними мовами, знайомих не всім користувачам. Такі листи супроводжуються неграмотним технічним перекладом, при якому перед користувачем з'являється незв'язний текст з низьким змістовим навантаженням. Крім того, насторожуючим є і відсутність факту відвідування будь-коли користувачем сайтів незнайомою мовою.

4. Необхідно забезпечити і технічний захист пристрою, з якого користувач здійснює вихід в Інтернет за допомогою встановлення антивірусних програм з функцією виявлення та блокування фішингових атак, а також здійснювати періодичну перевірку файлів, що зберігаються на пристрої, на наявність прихованих загроз та фонових процесів .

5. Якщо справа стосується взаємин між знайомими людьми, то краще вкотре переконатися в необхідності надання людині допомоги засобом телефонного зв'язку або особистої зустрічі.

У результаті проведеного аналізу в даній статті було досліджено методи забезпечення безпеки інформаційих систем від фішингових атак. Доведена актуальність дослідження, проаналізовані існуючі методи, та обгрунтована мета використання зазначених механізмів, запропоновано алгоритм дій для запобіганню певних атак.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гнатюк С. Рекомендації щодо розробки стратегії забезпечення кібербезпеки України / О. Шаховал, І. Лозова, С. Гнатюк // Захист інформації. – Т. 18. – 2016. – Вип. № 1. – С. 57–65.
2. Нікітська О.В. Методи запобігання фішингу та його різновиди / О. В. Нікітська // Вісник Академії адвокатури України. – 2017. – Т. 12. – Вип. № 21. – С. 169–175.
3. Дубов Д.В. Стратегічні аспекти кібербезпеки України / Д.В. Дубов // Стратегічні пріоритети: [наук.-аналіт. щоквартерт. зб.]. – Київ: НІСД, 2013. – 2013. – Вип. № 4(29). – С. 119–126.
4. Безкоровайный М.М. Кибербезопасность подходы к определению понятия / М.М. Безкоровайный, А.Л. Татузов // Вопросы кибербезопасности. – 2014. – Вып. № 1(2). – С. 22–27.
5. Пивоваров В.В. Шахрайство із банківськими картками: окремі питання віктимологічної профілактики / В.В. Пивоваров, К.В. Терещенко // Карпатський правничий часопис. Серія: Юридичні науки. – 2015. – Вип. № 10. – С. 132–137.
6. Сабадаш В.П. Фішинг як найбільш розвинений вид шахрайства в Інтернеті / В.П. Сабадаш // Університетські наукові записки. – 2006. – Вип. № 2. – С. 228–233.

Кравченко Віталій Сергійович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-2881-866X
+38093-989-28-01

Vitaliy Kravchenko
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-2881-866X
+38093-989-28-01

Руденко Олег Володимирович
начальник науково-дослідної лабораторіїДержавного науково-дослідного інститутувипробувань і сертифікації озброєння та військової техніки,
Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-8699-1057
+38093-839-88-97

Доманов Ігор Олександрович
старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки,
Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9726-0591
+38093-052-36-04

Казначей Станіслав Миколайович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки,
Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-2055-5524
+38-063-667-70-67

Oleh Rudenko
The chief of the scientific-research laboratory of State science research institute of armament and military technics testing and certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-8699-1057
+38093-839-88-97

Igor Domanov
Senior researcher of the scientific-research laboratory of State science research institute of armament and military technics testing and certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9726-0591
+38093-052-36-04

Stanislav Kaznachey
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-2055-5524
+38-063-667-70-67

ANALYSIS OF PHISHING ATTACKS. WAYS OF PREVENTION AND PROTECTION AGAINST THEM
V Kravchenko, O Rudenko, I Domanov and S Kaznachey

Attacks, the initial stage of which is the actions of an attacker who use the methods of social engineering, are currently one of the most common types of attacks. When using social engineering, an attacker seeks to obtain confidential information and access to various segments of the enterprise of interest, through psychological influence and manipulation of users. In order to successfully carry out an attack with the help of social engineering, it is necessary to gain the trust of a "victim", which is successfully carried out via targeted (personalized) phishing. Due to the relative ease of implementation, there is a rapid increase in the use of targeted phishing attacks on both home PCs and computers of employees of big companies. Targeted phishing attacks are carefully thought out to influence a certain type of people, and it is almost impossible to teach users to distinguish them. This article describes the concepts and methods of targeted phishing, as well as solutions and ways to protect against this type of attack. In addition, this article is an attempt to teach users to recognize targeted phishing emails. The article provides examples of attacks using targeted phishing.

Keywords: *phishing; social engineering; target phishing; personalized phishing; attack.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 533.661 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.11

Макаров С.М., Коломієць В.В., Місценко Р.В., Походенко О.М. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*
Гарнець Д.П. *Командування логістики Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ КОМПЛЕКСУ БОРТОВОГО РАДІОЕЛЕКТРПОНОГО ОБЛАДНАННЯ ВЕРТОЛЬОТІВ ТИПУ МИ-8 ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Розглянуто перспективні напрямки розвитку комплексів бортового обладнання, побудованих на принципах інтегрованої модульної авіоніки. Проаналізовані особливості архітектури і інтерфейсів комплексу, можливості уніфікації і модернізації компонентів інтегрованої модульної авіоніки, описані нові функціональні можливості, принципи забезпечення надійності і відмово безпеки комплексу, розглянуті можливості реалізації систем радіоелектронного обладнання на концепції інтегрованої модульної авіоніки. Проаналізовані можливості розвитку високо інтегрованих бортових систем.

Ключові слова: *архітектура авіоніки, бойовий авіаційний комплекс, бортове радіоелектронне обладнання, інтегрована модульна авіоніка, комплекс бортового обладнання, модернізація.*

Постановка проблеми. У Стратегічному замислі застосування Збройних Сил України, на підставі аналізу ймовірних воєнних загроз України, визначені декілька сценаріїв розвитку подій і відповідно – типові ситуації застосування Збройних Сил: від найбільш масштабного (блокування кордону на випадок конфлікту або оборонної операції) до значно менших за масштабом та інтенсивністю (участь в антитерористичній операції, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій тощо). Для кожної ситуації визначений оптимальний комплект сил і засобів Збройних Сил, який забезпечує виконання завдань [1].

На Повітряні сили Збройних Сил України (ПС ЗС України) при виникненні кризових ситуацій різного характеру покладається: завоювання переваги у повітряному просторі, прикриття угруповань військ і об’єктів від ударів противника з повітря, авіаційна підтримка Сухопутних військ (СВ) та забезпечення бойових дій Військово-морських Сил (ВМС), зрив маневру військ противника та його логістичного забезпечення, висадка повітряних десантів та боротьба з десантними військами противника на землі і в повітрі, ведення повітряної розвідки, здійснення повітряних перевезень військ та матеріальних засобів, руйнування та знищення військових, військово-промислових, енергетичних об’єктів, вузлів і комунікацій противника тощо. Великий об’єм завдань, що покладається на вертольоти ПС ЗС України, вимагає постійного підвищення ефективності використання наявного парку літальних апаратів (ЛА).

Постачання у військові частини транспортно-бойових вертольотів типу Ми-24 та Ми-8, що складають більшу чисельність від повітряних суден в ПС та армійській авіації (АА) ЗС України, було завершено в 1989–1992 роках. Вертольоти мають ознаки морального та фізичного старіння, наслідком яких є зниження рівня справності через вичерпання встановлених строків служби, ресурсів та невідповідність вимогам сучасних показників ефективності бойового застосування.

У сучасних умовах підвищення бойових можливостей ЛА переважно здійснюється за двома напрямами:

модернізація авіаційної техніки, що експлуатується;

заміна фізично і морально застарілих вертольотів на нові [2].

Модернізація (один з основних напрямів) дозволяє за відносно невеликих фінансових витратах істотно підвищити ефективність ЛА, продовжити його ресурс і термін служби. При цьому можлива модернізація або встановлення нових комплексів БРЕО, що веде до поліпшення льотно-технічних характеристик і зниження експлуатаційних витрат.

© Макаров С.М., Коломієць В.В., Місценко Р.В., Походенко О.М., Гарнець Д.П., 2022

Проводяться роботи по вдосконаленню авіаційного озброєння, спрямовані на підвищення бойової ефективності, бойових можливостей і безпеки польоту.

Заміна фізично і морально застарілих вертольотів на нові є досить фінансово витратним напрямом. Вона також потребує певного часу на проведення теоретичних, практичних, технічних та інших досліджень.

Таким чином, теоретичні та прикладні дослідження щодо визначення перспективної архітектури комплексу БРЕО вертольотів ПС ЗС України є актуальними, які сприяють підвищенню обороноздатності країни, прискоренню науково-технічного прогресу.

Актуальність дослідження. На фоні успіхів перспективних зарубіжних досліджень (компаній Astronautics Corporation of America, Aerospace Display Systems Inc., Display and Technologies sureface Product, Planar Advance Incorporation, Systran Corporation, Thales, Honeywell, Rockwell Collins, Allide Signal тощо), які проводяться під головуванням об'єднаного комітету по стандартизації архітектури авіаційних комплексів Allied Standart Avionics Architecture Council (ASAAC) в рамках програм створення в США новітніх концепцій побудови БРЕО: DAIS, Pave Pillar/F22 (Raptor), Pave Pace/JSF (Joint Strike Fighter/F35), Pave Aphach/AH-64, MASA (Module Avionics System Architecture), інтегрованих систем датчиків - Integrated Sensor System (ISS), стандартних конструкцій електронних модулів Standard Electronic Module (SEM), і Advanced Avionics Architectured Packing (AAAP), вітчизняними науково-дослідними інститутами (НДІ) та конструкторськими бюро (КБ) сьогодні ведеться пошук нових наукових напрямів розвитку БРЕО, дослідження наукових основ проектування і управління якістю проектних робіт, методології побудови і функціонування БРЕО, які здатні забезпечити якісну, довготривалу і конкурентну перевагу вітчизняних розробок.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теоретичні дослідження в області створення ІМА велись з початку 1990-х років.

Основні результати робіт з проєктування апаратної частини комплексів знайшли своє відображення в наукових роботах Грабовски Г., Балсера Б., Форстера М., Алена Р., Оссенфорта Дж., Блэка Р. [3–5]. В них обговорювалися проблеми створення надійних конструктивних рішень для реалізації модулів, в тому числі на основі готових комерційних компонентів (commercial off the shelf (COTS-компоненти)), проблеми організації високошвидкісної мережі передачі даних (з використанням інтерфейсів Avionics Full-Duplex Switched Ethernet - AFDX) [6], а також питання переходу від традиційної федеративної архітектури до концепції ІМА.

Проблемами програмного забезпечення (ПЗ) і моделювання комплексів займались Гаматьє А., Брунетт К., Готьє Т., Конми Ф., Дермид Дж., Паркинсон П., Гасперони Ф., Киннан Л., Миллер С., Коффер Д. та інші. [7–16]. Для даних робіт характерна концентрація на проблемах проєктування ПЗ з високими показниками безпеки (safety critical), планування і розподілу ресурсів комплексу, а також тестування на підставі моделей.

Питаннями операційних систем в комп'ютерах, які працюють у реальному масштабі часу займалися Бэкон Дж. и Харрис Т. [15], Таненбаум Э.С. [18], Вудхалл А.С. [19].

Розвиток методології проєктування комплексів бортового обладнання (КБО) ґрунтованих на концепції ІМА в Російській Федерації (РФ) почалось тільки на початку 2000-х років, хоча на той час в деяких країнах перші комплекси вже запроваджувались у серійне виробництво. Найбільший вклад в дослідження ІМА внесли Гатчін Ю.А., Відін В.Б., Жаринов И.О., Жаринов О.О., Парамонов П.П., Виноградов П.С. [20–25], які пропонували математичні моделі і методи автоматизованого проєктування апаратних засобів ІМА. Джанджгава Г.І., Герасімов Г.И., Евгенов А.В., Турчак А.А. и др. [26–31], запропонували концепції створення КБО ІМА нового покоління.

Проблемами системного обміну і розподілу ресурсів в комплексах займались Богатирьов В.А., Голубєв И.Ю., Беззубов В.Ф. [32, 33], Афраймович Л.Г., Прилуцких М.Х. [34].

Роботи Буздалова Д.В., Зеленова С.В., Корнихина Е.В., Петренко А.К. та інших авторів присвячені інструментальним засобам проєктування систем IMA [35, 36].

Потребує уваги вивчення питань створення реконфігурованих багатопроцесорних систем, якими займались Каляєв І.А., Каляєв А. В., Лєвін І.І., Бєсєдін І.В., Дмитриенко Н.Н., Семерніков Є.А., Чуянов Г.А., Косьянчук В.В., Севельсюк Н.І. [37–41].

Основні проблеми розвитку комплексів БРЕО для вертольотів ПС ЗС України.

Необхідною умовою подальшого удосконалення авіаційних комплексів БРЕО є проведення поглиблених системних перед проєктних воєнно-наукових досліджень і зовнішнього проєктування на концептуальній стадії формування їх технічного обліку. Ці дослідження і попередні проектні розробки повинні включати обґрунтування загальної концепції (основної ідеї) створення і бойового застосування комплексу БРЕО, який планується до розробки, оптимізацію значень його тактико-технічних характеристик (ТТХ) і конструктивних параметрів, які визначають технічний облік комплексу.

Виклад основного матеріалу. Програми модернізація транспортно-бойових вертольотів США.

Підрозділ технічних програм армії США Army's Technical Applications Program Office (TAPO) прийняв концепцію модернізації БРЕО Common Avionics Architecture System (CAAS) корпорації Rockwell Collins International. Концепція CAAS має на меті модернізацію ПЗ та апаратних засобів КБО армійських вертольотів сил спеціальних операцій.

Архітектура побудови КБО за програмою CAAS ґрунтується на концепції IMA.

В теперішній час за програмою CAAS модернізуються вертольоти армійської авіації: AH-6, MH-6, MH-47D, MH-47, MH-60K, MH-60L, MH60L-IDAP.

В 2000-х роках вертольоти армійської авіації MH-47D і MH-60L були модернізовані за програмою Cockpit Management System (CMS) компанії Rockwell Collins International, вертольоти MH-47E і MH-60K за програмою Integrated Avionics System (IAS) компанії Lockheed Martin.

В 2021 році вертольоти Національної гвардії США UH-60 були оснащені інтегрованим комплексом бортового обладнання (ІКБО) з модульною конструкцією систем і відкритою архітектурою ПЗ компанії Northrop Grumman Corporation за програмою OpenLift Northrop Grumman.

Програми модернізації транспортно-бойових вертольотів Франції.

На початку 2000-х років вертольоти Військово-повітряних сил (ВПС) Франції EC225/725 Cougar і вертольоти Військово-морських сил (ВМС) NH90 NATO Frigate Helicopter (NFH) пройшли модернізацію за програмою Advanced Helicopter Cockpit & Avionics System, за підсумками якої вертольоти були оснащені ІКБО за концепцією IMA та модернізованою кабіною екіпажу по типу скляної кабіни Glass Cockpit.

Програми модернізації транспортно-бойових вертольотів в РФ.

До державних програм РФ, які направлені на розробку нових і удосконалення (модернізацію) існуючих комплексів БРЕО з використанням нових технічних рішень відносяться наприклад такі програми:

"Развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2010 г. и на период до 2015 г.";

"Модернизация и развитие интегрированных комплексов и систем цифрового оборудования самолетов гражданской авиации России на период 2003–2010 г., ("Авионика–2010")";

"Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 г.".

Командування повітряно-космічних сил (ПКС) і АА РФ проводить модернізацію транспортно-бойових вертольотів типу Ми-8/Ми-17 і Ми-24/35, які знаходяться на озброєнні. В процесі модернізації на вертольоти встановлюються сучасні КБО: комплекс бортового обладнання КБО-17 на вертоліт Ми-171АВ, інтегрований бортовий комплекс вертольоту ИБКВ-17 на вертольоти Ми-8МТВ, Ми-17В-5. Вертольоти Ми-38, Ка-62, Ка-52 і Ми-28Н які

приймаються на озброєння обладнані ІКБО з модульною конструкцією систем та відкритою архітектурою ПО.

Програми модернізації транспортно-бойових вертольотів в Україні.

Державним підприємством (ДП) "Авіакон" та акціонерним товариством (АТ) "Мотор Січ" розроблені програми модернізації бортового обладнання, систем та двигунів вертольотів типу Ми-8, Ми-24. У програмах модернізації бортового обладнання вертольотів пропонується традиційна федеративна архітектура побудови комплексу у відмінності від сучасної архітектури верхнього рівня побудови КБО на основі мультифункціональної інтегрованої модульної авіоніки.

Основними недоліками федеративної архітектури комплексу БРЕО є:

не уніфіковані конструктивні рішення на окремі системи, що входять до складу блоків;

програмне забезпечення нерозривно пов'язане з фізичним розвитком апаратури, закінченим продуктом є обчислювач з програмою;

електронна компонентна база досить швидко старіє, в зв'язку із старінням знімається з виробництва, потребує заміни і тривалого виготовлення виробу даного типу;

системна інтеграція є унікальним процесом творчої діяльності розробника архітектури, який складно автоматизувати;

сертифікація системи є довготривала і дороговартісна процедура;

стандартизацією охоплені тільки загальносистемні інтерфейси і бортові лінії передачі інформації.

У концепції ІМА функції бортового комплексу відокремлюються в логічні розділи, які можуть розташовуватися як в одному фізичному обчислювальному пристрої, так і в декількох. Всі обчислювальні пристрої, які з'єднані швидкісним бортовим інтерфейсом, є високо інтегрованими пристроями із загальним рівнем, типовим для специфікації ARINC 653 APEX.

Основними принципами побудови бортових інтегрованих обчислювальних систем (БЦОС) є:

модульна, відкрита, незалежна архітектура, яка дозволяє нарощувати обчислювальні ресурси, поєднувати вироби різних розробників в єдиному стандарті Євромеханіки;

розподілена обробка сигналів і даних на підставі багатопроцесорних обчислювальних засобів в розподіленій архітектурі обчислювальних систем, використання розподіленої мультизадачної операційної системи реального часу (ОСРЧ);

використання швидкісних інформаційних каналів і інтерфейсів для міжсистемного, міжмодульного і внутрішньо модульного інформаційного обміну;

використання технології розробки ПЗ з використанням сертифікованих мов програмування високого рівня;

використання уніфікованих компонентів (модулів, вузлів) в якості конструктивно-змінних одиниць авіоніки, за рахунок чого підвищуються експлуатаційні властивості обчислювальної системи.

Перспективний інтегрований КБО вертольотів ПС ЗС України повинен відповідати вимогам із забезпечення всепогодного, цілодобового застосування, забезпечення мінімального часу на підготовку до польотів, високих показників надійності, забезпеченню вимог до простоти, зручності експлуатації та обслуговування, а також вимог до сертифікації.

Основні експлуатаційні властивості комплексів ІМА досягаються за рахунок:

відкритої мережевої розподіленої архітектури побудови бортового комплексу з можливістю нарощування обчислювальних ресурсів;

магістрально-модульної ієрархічної структури обчислення;

мультифункціональності інтегрованої обчислювальної системи (ІВС);

крейтово-модульного виконання ІВС;

принципів стандартизації і уніфікації проєктних рішень на апаратному і програмному рівні;

ISSN 2706-7386

відсутності необхідності обслуговування комплексу під час між сервісних періодів із зберіганням необхідного рівня безпеки польотів і показників надійності апаратури;

реалізації можливості автоматичної діагностики апаратури з наступною реконфігурацією структури обчислювальної системи при виявленні відмов під час польоту.

Мережева розподілена структура повинна бути готова до динамічного розподілу наявних ресурсів з метою зберігання працездатності апаратури при можливих відмовах обладнання і досягненні обчислювальною системою максимальної продуктивності. Така архітектура забезпечить можливість програмно керувати реконфігурацією апаратних засобів для надання необхідних функціональних характеристик авіаційній техніці з метою підвищення показників відмовостійкості.

Важливою особливістю відкритої архітектури, властивою IMA, є відсутність жорстко встановлених логічних зв'язків між елементами бортового обладнання (обчислювальними системами, датчиками, індикаторами). Це дозволяє реалізовувати динамічно реконфігуруєму обчислювальну структуру комплексу з перерозподілом завдань у межах доступних обчислювальних ресурсів.

Мультифункціональність обчислювальної системи IMA означає можливість виконання великої кількості функцій обчислювальної системи ЛА на однакових (однотипних) апаратних засобах. Таким чином, перехід від федеративної до інтегрованої архітектури забезпечує якісно новий рівень проєктного рішення: перехід від ідеї “система – одна функція” до ідеї “багато функцій в одному обчислювальному ядрі”. Реалізація ідеї “багато функцій в одному обчислювальному ядрі” дозволяє здійснити незалежне проєктування програмних і апаратних платформ.

Крейтово-модульне стандартизоване виконання обчислювальної системи реалізується на практиці шляхом побудови обчислювальної системи на базі обмеженого набору уніфікованих компонентів. До таких компонентів можна віднести: базову несучу конструкцію крейта, мінімально достатній набір уніфікованих і стандартизованих конструктивно-функціональних модулів (КФМ) і мезонінів з високою продуктивністю.

Принцип стандартизації і уніфікації вимагає єдиного підходу до створення системних, схемо технічних, програмних і конструктивно-технологічних рішень, що призводить до спрощення модернізації складу бортового комплексу і можливості нарощування функціональних завдань авіоніки.

Організація обчислювальних систем IMA дозволяє підвищити працездатність і показники надійності апаратури, зокрема, час напрацювання на відмову. Це досягається шляхом побудови ефективної організації обчислювальних процесів в розподіленому обчислювальному середовищі за рахунок реалізації:

апаратних складових комплексу у вигляді мінімального набору стандартизованих КФМ з високою працездатністю;

операційної системи реального часу (ОСРЧ), яка забезпечує розподіл програмних додатків для рішення функціональних завдань;

високошвидкісних мережевих каналів інформаційного обміну, які забезпечують необхідну пропускну здатність і відмовостійкість системи.

Сучасний комплекс БРЕО транспортно-бойового вертольоту представляє сукупність систем, які реалізують на борту різні задачі по управлінню ЛА, і складають:

інформаційно-керуючий простір (органи управління кабіни, нашоломна система цілевказання та індикації, індикатор лобового скла (коліматорні, широко кутові), багатофункціональні індикатори, пульти управління, система відеорегістрації);

бортову цифрову обчислювальну систему і блок формування сигналів;

пілотажно-навігаційну інформаційну систему (автоматичний радіокомпас, радіовисотомір, система повітряних сигналів, радіосистема ближньої і дальньої навігації, система курсу і вертикалі, інерціально-навігаційна система, супутникова навігаційна система та інші);

пілотажний комплекс вертольоту або систему автоматичного управління польотом.

Головні висновки та перспективи використання результатів досліджень. Необхідною умовою подальшого удосконалення комплексів БРЕО вертольотів ПС ЗС України є проведення системних перед проєктних воєнно-наукових досліджень і зовнішнього проєктування на концептуальній стадії формування їх технічного обліку. Ці дослідження і попередні проєктні розробки повинні включати обґрунтування загальної концепції (основної ідеї) створення і бойового застосування комплексу БРЕО, який планується до розробки, оптимізацію значень його ТТХ і конструктивних параметрів, які визначають технічний облік комплексу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Біла книга України. – 2006. – 95 с.

2. Казак В.М. Аналіз світового ринку вертольотів і перспективи його розвитку / В.М. Казак, А.Г. Огир // Наукоємкі технології. – 2011. – Вип. № 1–2(9–10). – С. 20–23.

3. Alena R. Communications for Integrated Modular Avionics [Электронный ресурс] / R. Alena, J. Ossenfort, K. Laws, A. Goforth, M. Filed, F. Figueroa. – Режим доступу: ti.arc.nasa.gov/m/pubarchive/1277h/1277%20%28Alena%29.pdf.

4. Grabowski G. Integrated Modular Avionics with COTS directed to Open System and Obsolescence Management [Электронный ресурс] / G. Grabowski, B. Balser, M. Forster. – Режим доступу: dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/p010973.pdf.

5. Black R. Using Proven Aircraft Avionics Principles to Support a Responsive Space Infrastructure. – Режим доступу: responsivespace.com/Papers/RS4/Papers/RS4_1006P_Black.pdf.

6. Дегтярев А.Р. Реализация Avionics Full-Duplex Switched Ethernet для интегрированной модульной авионики с использованием COTS-компонентов / А.Р. Дегтярев, С.К. Киселев // Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы: сб. науч. тр. Всероссийской научно-технической конференции ИВК-2013; под ред. В.В. Родионова. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 329 с.

7. Gamatie A. A modeling Paradigm for Integrated Modular Avionics Design / A. Gamatie, C. Brunette, R. Delamare, T. Gautier, J. Talpin. – Режим доступу: irisa.fr/prive/talpin/papers/seaa06.pdf.

8. Oikonomou G. An Emulator for the Network Stack of Integrated Modular Systems / G. Oikonomou, I. Phillips, L. Guan, A. Grigg. – Режим доступу: researchgate.net/publication/224165588_An_emulator_for_the_network_stack_of_Integrated_Modular_Systems.

9. Conmy P. High level failure analysis for Integrated Modular Avionics / P. Conmy, J. McDermid. – Режим доступу: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.18.9979&rep=rep1&type=pdf. – DOI:10.1.1.18.9979.

10. Parkinson P. High Integrity Systems Development for Integrated Modular Avionics using VxWorks and GNAT / P. Parkinson, F. Gasperoni. – Режим доступу: adacore.com/uploads/technical-papers/HIE_Using_VxWorks_GNAT.pdf.

11. Miller S. Implementing logical synchrony in Integrated Modular Avionics. / S. Miller, D. Cofer, L. Sha, J. Meseguer. – Режим доступу: researchgate.net/publication/221137269_Persistent_Logical_Synchrony.

12. Efkemann C. Model-Based testing for the Second Generation of Integrated Modular Avionics / C. Efkemann, J. Peleska. – Режим доступу: informatik.unibremen.de/agbs/jp/papers/peleska_efkemann_icstw2011.pdf.

13. Lee Y. Resource Scheduling in Dependable Integrated Modular Avionics / Y. Lee, D. Kim. – Режим доступу: informatik.unibremen.de/agbs/jp/papers/peleska_efkemann_icstw2011.pdf.

14. Parkinson P. Safety-Critical Software Development for Integrated Modular Avionics / P. Parkinson, L. Kinnan. – Режим доступу: vxworks.ru/rus_safety-critical-sw-dev_wp-1107.pdf.

15. Gangkofer M. Transitioning to Integrated Modular Avionics with a Mission Management System / M. Gangkofer, D. Kader, D. Klockner, C. White. – Режим доступу: dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/p010970.pdf.

16. Tagawa G. An overview of the Integrated Modular Avionics Concept / G. Tagawa, M. Souza. – Режим доступу: sbmac.org.br/dincon/2011/files/articles/071.pdf.

17. Бэкон Дж. Операционные системы / Дж. Бэкон, Т. Харрис. – СПб.: Питер, 2004. – 800 с.

18. Таненбаум Э.С. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2010. – 3-е издание. – 1120 с.

19. Таненбаум Э.С. Операционные системы: разработка и реализация / Э.С. Таненбаум, А.С. Вудхалл. – СПб.: Питер, 2007. – 704 с.

20. Гатчин Ю.А. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики: монографія / Ю.А. Гатчин, И.О. Жаринов. – М.: Машиностроение, 2010. – 224 с.

21. Жаринов И.О. Принципы построения и методы автоматизации проектирования вычислительных систем интегрированных комплексов бортового оборудования : дисс. д-ра техн. наук : 05.13.12. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 298 с.

22. Жаринов О.О. Принципы построения крейта бортовой многопроцессорной вычислительной системы для авионики пятого поколения / О.О. Жаринов, Б.В. Видин, Р.А. Шек-Иовсепянц // Научно-технический вестник. – СПб: ГУ ИТМО, 2010. – Вып. № 4(68). – С. 21–27.

23. Гатчин Ю.А. Архитектура програмного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования / Ю.А. Гатчин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – Вып. № 2(78). – С. 140–141.

24. Видин Б.В. Декомпозиционные методы в задачах распределения вычислительных ресурсов многомашинных комплексов бортовой авионики / Б.В. Видин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов // Информационно-управляющие системы. – 2010. – Вып. № 1. – С. 2–5.

25. Парамонов П.П. Проектирование систем бортового информационного обмена и их функциональных элементов: монография / П.П. Парамонов, А.А. Бобцов, Б.В. Видин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов, Ю.И. Сабо, Р.А. Шек-Иовсепянц. – Тула: Гриф и К., 2010. – 208 с.

26. Джанджгава Г.И. Развитие интегрированных комплексов бортового оборудования навигации, управления и наведения летательных аппаратов в разработках Раменского приборостроительного конструкторского бюро / Г.И. Джанджгава, Г.И. Герасимов, П.Ю. Петкевичус // Авиакосмическое приборостроение. – 2008. – Вып. № 2. – С. 3–8.

27. Джанджгава Г.И. Интегрированная динамически реконфигурируемая система комплексной обработки информации бортовых комплексов навигации, управления и наведения / Г.И. Джанджгава, А.П. Рогалев, А.В. Бабиченко, С.Я. Сухоруков // Авиакосмическое приборостроение. – 2002. – Вып. № 6. – С. 8–14.

28. Джанджгава Г.И. Авионика пятого поколения: новые задачи – новая структура / Г.И. Джанджгава // Вестник авиации и космонавтики. – 2001. – Вып. № 5. – С. 8–10.

29. Джанджгава Г.И. Концепция создания интегрированных комплексов бортового оборудования летательных аппаратов нового поколения / Г.И. Джанджгава, Г.И. Герасимов, А.П. Рогалев, В.М. Шерман, С.Я. Сухоруков, В.В. Вершков // Авиакосмическое приборостроение. – 2002. – Вып. № 6. – С. 38.

30. Евгенов А.В. Направления развития интегрированных комплексов бортового оборудования самолетов гражданской авиации / А.В. Евгенов // Авиакосмическое приборостроение. – 2003. – Вып. № 3. – С. 48–53.

31. Турчак А.А. Архитектура вычислительных систем для интегрированной модульной авионики перспективных летательных аппаратов / А.А. Турчак // Радиотехника. – 2001. – Вып. № 8. – С. 87–95.

32. Богатырев В.А. Организация межмашинного обмена в дублированных вычислительных комплексах / В.А. Богатырев, И.Ю. Голубев, В.Ф. Беззубов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – Вып. № 3. – С. 8–13.

33. Богатырев В.А. К распределению функциональных ресурсов в отказоустойчивых многомашинных вычислительных системах / В.А. Богатырев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. – Вып. № 12. – С. 1–5.

34. Афраймович Л.Г. Многоиндексные задачи распределения ресурсов в иерархических системах / Л.Г. Афраймович, М.Х. Прилуцкий // Автоматика и телемеханика. – 2006. – Вып. № 6. – С. 194–205.

35. Буздалов Д.В. Инструментальные средства проектирования систем интегрированной модульной авионики / Д.В. Буздалов, С.В. Зеленов, Е.В. Корныхин, А.К. Петренко, А.В. Страх, А.А. Угненко, А.В. Хорошилов // Труды института системного прораммирования РАН. – 2014. – Т. 26. – Вып. № 1. – С. 201–230.

36. Федосов Е.А. Российский проэкт создания нового поколения интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой . Состояние и перспективы [Электронный ресурс] / Е.А. Федосов // Фазотрон. – 2011. – Вып. № 2. – Режим доступа: mediaphazotron.ru/?p=192. – дата обращения 15.12.2021.

37. Каляев И.А. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры / И.А. Каляев. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2008. – 393 с.

38. Каляев А.В. Модульно-наращиваемые многопроцессорные системы со структурно-процедурной организацией вичислений / А.В. Каляев, И.И. Левин. – М.: Янус-К, 2003. – 380 с.

39. Семейство базовых модулей для построения реконфигурируемых многопроцессорных вычислительных систем со структурно-процедурной организацией вычислений / И.В. Беседин [и др.] // Научный сервис в сети Интернет: технологи распределенных вычислений : матер. всерос. науч. конф. – М.: Издательство Московского университета, 2006. – С. 47–49.

40. Чуянов Г.А. Перспективы развития комплексов бортового оборудования на базе интегрированной модульной авионики / Г.А. Чуянов, В.В. Косьянчук, Н.И. Сельвесюк // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – Вып. № 3. – С. 55–62.

41. Федосов Е.О. Интегрированная модульная авионика / Е.О. Федосов, В.П. Косьянчук, Н.А. Севельсюк // Радиоэлектронные технологии. – 2015. – Вып. № 1. – С. 66–71.

Макаров Сергій Миколайович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9889-0763
+38066-865-95-77

Коломієць Володимир Вікторович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orsid.org/0000-0001-6566-8333
+38093-592-91-45

Місценко Роман Вікторович
начальник науково дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4015-5616
+38095-176-36-38

Serhii Makarov
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9889-0763
+38066-865-95-77

Volodymyr Kolomiiets
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testingand Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orsid.org/0000-0001-6566-8333
+38093-592-91-45

Roman Mistsenko
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4015-5616
+38095-176-36-38

ISSN 2706-7386

Походенко Олександр Миколайович
начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-6727-6835
+38063-226-75-87

Гарнець Даниїл Павлович
старший інженер служби експлуатації авіаційного обладнання управління головного інженера авіації Командування логістики Командування ПС ЗСУ, Вінниця, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9072-877X
+38097-156-11-29

Alexandr Pokhodenko
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-6727-6835
+38063-226-75-87

Danyil Harnets
Senior Engineer of Avionics Maintenance Service of Main Aviation Engineer Department of Logistics Command of Air Force Command, Vinnytsia, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9072-877X
+38097-156-11-29

WAYS OF DEVELOPMENT A COMPLEX OF AVIONICS FOR HELICOPTERS OF MI-8 TYPE OF THE AIR FORCES OF UKRAINIAN ARMED FORCES

S Makarov, V Kolomiiets, R Mistsenko, A Pokhodenko and D Harnets

Perspective directions of development of the onboard equipment complexes built on the principles of integrated modular avionics are considered. Features of architecture and interfaces of the complex, possibilities of unification and modernization of components of integrated modular avionics are analyzed, new functional possibilities, principles of reliability and safety failure of the complex are described, possibilities of realization of systems of electronic equipment on the basis of integrated modular avionics are considered. Possibilities of development of highly integrated onboard systems are analyzed.

The main conclusions and prospects for the use of research results. A necessary condition for further improvement of avionics equipment helicopter complexes of the Armed Forces of Ukraine is to conduct systematic pre-project military research and external design at the conceptual stage of formation of their technical accounting. These studies and preliminary design developments should include substantiation of the general concept (basic idea) of creation and combat application of the avionics equipment complex, which is planned for development, optimization of its performance characteristics values and design parameters that determine the technical accounting of the complex.

***Keywords**: avionics architecture, combat aviation complex, avionics, integrated modular avionics, complex of avionics, modernization.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 621.397 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.12

Башинський В.Г., Рагулін В.В., Солодчук М.О., Фомін А.В., Ісаченко О.О. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ НА БОРТУ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА

Швидка та якісна обробка відеоданих повітряної розвідки дозволяє провести аналіз та передбачити тенденції змін оборонних позицій противника, визначити їх кількість, райони дислокації, зосередження сил для наступу чи рейду. Найбільші проблеми пов'язані з передачею даних в реальному часі та вирішення завдань, які потребують для свого розв'язку великої кількості обчислювальних ресурсів.

Для розв'язування важливих практичних задач, у тому числі з виокремлення корисних оптичних сигналів і образів на фоні перешкод створюються інтегровані конструкції, в яких матричні приймачі випромінювання поєднані з системами обробки відеоінформації. У той же час у багатьох сучасних матеріалах не враховано ряд нових факторів та проблем, пов'язаних, наприклад, з різким збільшенням об'єму інформації, яку потрібно обробляти в реальному масштабі часу, з особливостями просторової та часової вибірки високого розділення та ін.

Ключові слова: *безпілотний авіаційний комплекс, повітряна розвідка, в реальному масштабі часу, засоби автоматичного аналізу, вирогідність виявлення, розпізнавання, обробка відеоінформації.*

Постановка проблеми. Від якості, своєчасності та достовірності отриманої розвідувальної інформації залежить повнота та обґрунтованість прийняття командирами (командувачами) рішень як на підготовку до бойових дій (операцій), так і у ході їх ведення. Успіх в операції напряму залежить від оперативного реагування на зміни в обстановці, яка склалася. Тому, роль безпілотного авіаційного комплексу (БпАК) у зборі розвідувальної інформації у режимі часу близькому до реального, особливо в оперативній глибині противника є ключовою.

БпАК постійно вдосконалюються, підвищується тривалість польоту безпілотного літального апарату (БпЛА) та глибина застосування, покращуються характеристики корисного навантаження (оптико-електронні, інфрачервоні, радіолокаційні), що дозволяє вести довготривалу повітряну розвідку як вдень, так і в ночі, в тому числі і в умовах суцільної хмарності (задимленості). Це в свою чергу, значно збільшує навантаження на екіпажі БпАК та впливає на підвищення вимог (критеріїв) до їх відбору і збільшення часу для їх навчання, у тому числі і в якості дешифрувальника.

Внаслідок великої тривалості польоту БпЛА збільшується і об'єм інформації, яку необхідно обробити екіпажу як під час польоту БпЛА, так і під час післяпольотної її обробки, що критично може впливами на час розробки (складання) розвідувального донесення. Крім цього, найбільш якісна фото/відеоінформація знаходиться на борту БпЛА, яку можливо отримати лише після посадки БпЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато публікацій присвячено проблемам використання обробки відеоінформації в апаратурі БпЛА, основні з них досліджуються в наступних публікаціях: у [1] розглядаються методи і алгоритми цифрової обробки в оптико-електронних приборах; у [2] приведені напрямки забезпечення моніторингу місцевості перспективною апаратурою БпЛА; у [3] розглядаються вимоги до каналів зв'язку з апаратурою БпЛА і визначені найбільш перспективні шляхи їх реалізації; у [4] – радіолінії зв'язку з апаратурою БпЛА та приклади їх реалізації. У літературі [5] пропонується розрізняти обробку зображень, призначених для зорового сприйняття та обробку в пристроях автоматичного аналізу. В останньому випадку на перший план виходять задачі виділення ознак, формування даних про кількісні характеристики. Методи та алгоритми цифрової обробки зображень [6–9]. Різноманітність методів і алгоритмів обробки відеоінформації пов'язані з великим колом проблем, що виникають під час обробки і передавання цифрових

© Башинський В.Г., Рагулін В.В., Солодчук М.О., Фомін А.В., Ісаченко О.О., 2022

ISSN 2706-7386

даних в апаратурі БпЛА а також обробки в реальному часі. На базі проведеного аналізу можна зробити висновок, що на теперішній час існує потреба проведення аналізу і встановлення особливостей функціонування і застосування алгоритмів обробки відеоінформації на борту розвідувального БпЛА.

Мета статті. На базі проведеного аналізу застосування БпАК здійснити обґрунтування необхідності обробки відеоінформації на борту розвідувального БпЛА безпосередньо під час його польоту.

Виклад основного матеріалу.

Аналіз застосування вітчизняних БпАК в період з 2014 по 2021 роки показує, що:

– більшість польотів БпЛА здійснювалося в умовах застосування противником засобів радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ), тому значна їх кількість проходила в автоматичному режимі з використанням інерціальної системи, яка видавала значні похибки, що ускладнювало політ БпЛА точно за визначеним маршрутом і в свою чергу потребувала додаткових польотів БпЛА для здійснення детальної розвідки визначених об’єктів;

– з метою зменшення виявлення БпЛА радіотехнічними засобами противника політ БпЛА здійснювався в режимі “радіотиші”, у цьому випадку обробка розвідувальної інформації розпочиналася лише після повернення БпЛА;

– формування (складання) розвідувальних звітів займало у особового складу багато часу (у зв’язку з обробкою великого обсягу даних) та потребувало додаткового часу для надання (надсилання) його до вищестоящого штабу (кінцевого абонента);

– для щоденного моніторингу об’єктів, які тривалий час розміщуються у визначених районах з відомими координатами, польоти БпЛА здійснювалися за одним і тем же маршрутом, дана “рутинна” робота потребувала високої концентрації оператора корисного навантаження під час кожного польоту щодо їх ідентифікації. Спеціальне програмне забезпечення БпАК не забезпечувало автоматичного розпізнавання об’єктів та їх ідентифікацію;

– існуючі апаратні та програмні засоби БпАК (алгоритми розпізнавання образів) не дозволяють здійснювати автоматичну обробку фото/відеозображення безпосередньо на борту БпЛА під час його польоту та накладати на зображення необхідну службову інформацію (наприклад: координати об’єктів, прив’язка до маршруту польоту БпЛА, відстань від точки зльоту БпЛА тощо);

– під час довготривалих розвідувальних польотів БпЛА екіпаж БпАК може відчувати втому, і з часом якість виявлення (розпізнавання) об’єктів на місцевості (або зміни в обстановці) в режимі часу близькому до реального може знижуватися.

За допомогою спеціального програмного забезпечення на борту БпЛА необхідно вирішувати наступний спектр завдань:

– попередня обробка (стабілізація відеопотоку, інтелектуальний вибір стоп-кадрів із мінімальним “розмивом” зображення, селекцію руху відеопотоку);

– пошук, виявлення та розпізнавання об’єктів (супровід об'єкта, що рухається, з визначенням швидкості і направлення, виявлення та розпізнавання об'єктів у реальному часі, накладання інформації телеметрії);

– формування звітного матеріалу під час виконання маршруту польоту, невеликої кількості високоякісних зображень та нанесення на них необхідної інформації (наприклад, швидкість та напрямок руху, координати місця їх знаходження);

– шифрування та стиснення відеоінформації для її подальшої передачі каналами зв’язку;

– обробка відеоінформації з метою її використання для польоту БпЛА в зоні роботи засобів РЕБ без використання навігаційних систем (GPS, інерціальної) по еталонним відеозображенням (дана можливість дуже приваблива, але ще не реалізовано в жодному з БпАК вітчизняного виробництва).

Обробку відеоінформації на борту розвідувального БпЛА необхідно розглядати в якості комплексного алгоритму (Рис.1).

ISSN 2706-7386

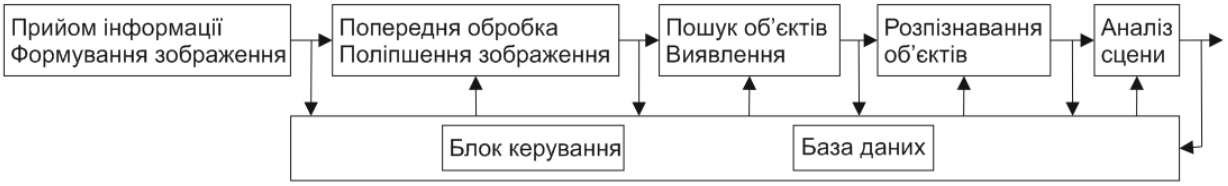


Рис.1. Структурна схема комплексного алгоритму обробки та аналізу зображення

Попередня обробка. Людина може порівнювати зображення і виділити на них об’єкти візуально, на ініціативному рівні, однак для машини відеоінформація – лише набір даних. Для виявлення та розпізнавання об'єктів в реальному часі спочатку потрібно провести попередню обробку з метою підготовки зображень, покращення їх якості для подальшої обробки оптико-електронною системою на борту БпЛА.

На даний час використовують наступні етапи попередньої (первинної) обробки:

– в координатній або частотній областях;

– з врахуванням або без врахування змісту зображення;

– з використанням лінійних або нелінійних алгоритмів;

– з використанням по елементних (діє в межах елементу зображення), локальних (в межах окремих вікон у площині зображення) або глобальних операторів (в межах всього зображення).

У загальному вигляді усі подібні алгоритми як правило включають наступні етапи:

– корекція сигналу по полю зображення (для вирівнювання неоднорідності, що викликані дефектами освітлення і чутливістю перетворювача зображення);

– шумозаглушення фільтром низьких частот з використанням фільтра Гауса;

– фільтрація в просторово-частотній області;

– бінарізація зображення, рангову фільтрацію, локальні процедури усереднення;

– градієнтні перетворення;

– інтерполяція зображень у просторової області;

– інверсія зображення, аналіз логічних зв’язків у зображенні;

– додавання і віднімання зображень, пошук екстремумів зображення.

– сегментація зображення;

– масштабування зображення.

– компенсація зміщення камери між двома сусідніми кадрами, на основі алгоритму Лукаса-Канаде [6], для чого будується регулярна сітка з заданим кроком, потім для кожного вузла сітки, обчислюється вектор руху щодо попереднього кадру. У результаті для нового кадру формується скоригована сітка;

Попередня обробка зображень завершується вибором тих ознак, які є найбільш суттєвими за інформаційним навантаженням. Тільки потужний математичний апарат для первинної обробки надає можливість подальшої цільової обробки відеоінформації та використання алгоритмів виявлення об’єктів.

Пошук, виявлення та розпізнавання об’єктів. Розглянемо обробку відеоінформації з метою виявлення та розпізнавання об’єктів розвідки. Алгоритм дій може виглядати наступним чином:

– по вузлах регулярної сітки на поточному кадрі та сітки, скоригованої з обліком руху камери та об'єктів на попередньому кадрі, оцінюється афінне перетворення камери між поточним та попереднім кадром. Оцінка афінного перетворення будується за допомогою добре відомого алгоритму RANSAC (Random Sample Consensus). Після того, як афінне перетворення знайдено, з поточного кадру віднімається образ попереднього кадру. Така процедура компенсує рух камери і кадр різниці містить більше інформації про об'єкти, що рухаються, ніж про рух камери. Також для виявлення руху об'єкта на поточному кадрі може аналізуватися різниця між кадрами з використанням суміші розподілів Гауса і гістограми [10–13]. Метою даного етапу є віднесення аналізованого активного пікселя, або до фону, або

до об'єкта, що рухається. Цей алгоритм дозволяє, з одного боку, досить ефективно виявляти об'єкти що рухаються, а з іншого боку, не призводить до занадто великої обчислювальної складності алгоритму, що дозволяє застосовувати його у реальному масштабі часу;

– здійснюються морфологічні перетворення над отриманими областями: видаляється шум, і виділяються пов'язані області. Потім обчислюються розміри та центри отриманих зв'язаних областей. Додатково пропонується центри згладжувати фільтром Кальмана.

Виявлення за допомогою програмного забезпечення на борту БпЛА об'єктів, у потоці відеоінформації, в реальному часі є завданням для систем комп'ютерного зору [2]. Це один із самих перспективних напрямків у розвитку БпЛА сьогодення.

Новітній світовий тренд у галузі обробки відеоінформації для виявлення та розпізнавання об’єктів розвідки в реальному часі – застосування згорткових нейронних мереж. Головною перевагою даного підходу в порівнянні із знаковим описом є те, що алгоритм по суті сам знаходить інформативні ознаки. Основне завдання розробника полягає у виборі топології мережі та налаштуванні великої кількості її параметрів. Варто зазначити, що для більшості класифікаторів та виявників необхідною умовою є наявність та постійне оновлення представницької бази зображень для навчання. Одним з можливих варіантів вирішення цієї проблеми, крім моделювання, є багаторазове клонування з деформаціями наявних зображень об'єктів.

При вирішенні задачі виявлення об’єктів за допомогою машинного зору можливо розглядати синтез наступних методів:

– модель BOW, яку іноді називають моделлю мішка візуальних слів, можна застосувати до класифікації або пошуку зображень, розглядаючи особливості зображення як слова. Модель BOW включає в себе три кроки: виявлення функцій, опис функцій і створення кодової книги. Визначенням моделі BOW може бути “подання гістограми на основі незалежних ознак”. Після виявлення ознак кожне зображення абстрагується кількома локальними латками. Методи представлення ознак мають справу з тим, як представити латки у вигляді числових векторів. Ці вектори називаються дескрипторами ознак. Хороший дескриптор повинен мати здатність до певної міри обробляти інтенсивність, обертання, масштаб і афінні варіації;

– дескриптор SIFT (масштабно-інваріантне перетворення ознак). SIFT перетворює кожен патч у 128-вимірний вектор. Після цього кроку кожне зображення є набір векторів одного розміру, де порядок різних векторів не має значення. В алгоритмі SIFT спершу знаходять ключові точки об'єктів на еталонних зображеннях і зберігають у базі даних. За допомогою індивідуального порівняння кожної ознаки із бази даних розпізнають об'єкт у новому зображенні, і знаходять кандидати із відповідними ознаками за допомогою розрахунку Евклідової відстані векторів їхніх ознак. Із повного набору відповідностей заходять підмножини ключових точок, що узгоджуються з об'єктом і його місцем розташування, масштабом, і орієнтацією на новому зображенні, і відфільтровують правдиві відповідності. Після перетворень розраховують ймовірність того, що конкретний набір ознак вказує на присутність об'єкта, з урахуванням точності і кількості можливих помилкових збіжностей. Відповідності об'єкта, які проходять всі ці тести, можна ідентифікувати як правдиві із високою довірою.

Ефективність застосування розвідувального БпЛА залежить насамперед від показника вірогідності виявлення їм об’єктів розвідки. Вірогідність виявлення об’єкту P_B залежить від ймовірності миттєвого виділення незамаскованого об’єкту $P_{ВИД}$ на фоні місцевості. Саме застосування новітніх методів та алгоритмів обробки інформації, застосування елементів машинного зору та згорткових нейронних мереж підвищує ймовірності миттєвого виділення незамаскованого об’єкту на фоні місцевості та своєчасне якісне надання необхідного об’єму інформації про об’єкт розвідки.

Якщо якості обробленої відеоінформації достатньо для виявлення об’єкту розвідки (об’єкт виявлено, $P_{ВИД}$=1), вірогідність виявлення об’єкту оптичною системою БпЛА може бути визначена за формулою:

$$P_B = \frac{P_{ВИД} \cdot (1 - K_M)}{1 - \xi\eta},$$

де: $P_{ВИД}$ – вірогідність миттєвого виділення незамаскованого об’єкту на фоні місцевості;

$K_м$ – коефіцієнт маскування об’єкту;

ξ – ступінь правдивості неправдивих позицій;

η – кількість неправдивих позицій, що випадають на одну реальну позицію.

При вирішенні задач з виявлення при спільному застосуванні методів з технології BOW, та виділення особливих точок та їх дискріпторів метотодом SIFT вже вдалося досягти ймовірності виявлення обєкту розвідки порядку 80% при вірогідності помилкового визначення близько 1,1 х 10^{-6}.

Накладання маркерів, формування звітного матеріалу. Для здійснення передачі даних про об’єкт розвідки може використовуватися передача обмеженої кількості фотозображень замість потокового відео. Тільки за допомогою автоматичної обробки відеоінформації з великою розділювальною здатністю на борту БпЛА виникає можливість виявити, класифікувати та передати високоякісні зображення виявлених об’єктів каналами зв’язку на наземну станцію керування для їх швидкого використання під час формування звіту операторами БпАК.

Після того, як об'єкти розвідки будуть виявлені, а відеопотік прив'язаний до геопросторової основи, дані щодо руху об'єктів накладаються на карту та може бути сформований звіт.

Новітньою ідеєю є накладання на виявлені об’єкти розвідки перед передачею на НСК маркерів цілі. Маркери можуть використовуватися для акцентування уваги оператора БпЛА на виявлених об’єктах для оперативного прийняття рішень щодо характеру виявленого об’єкту та його класифікації. На даний час ця функція існує тільки в тестових режимах, але вже існують алгоритми для здійснення її реалізації.

Шифрування та стиснення відеоінформації для її подальшої передачі каналами зв’язку. Розглянемо час передавання відеоінформації з необхідними розмірами з борту БпЛА на наземну станцію керування в залежності від розміру матриці, розрядності зображення (пікселів) і швидкості передачі даних по каналу зв’язку. Наприклад, 7 секунд відео у форматі HD (1920x1080x50p) потребує 817 Мб пам’яті, його передача у даному форматі без стиснення з пропускною здатністю радіоканалу 10 Мбіт займе 660 секунд або 11 хвилин. Після кодування та стиснення за алгоритмом H.264 розмір даного фрагмента складає вже 708 Кб, що для передачі його каналом зв’язку з пропускною здатністю 10 Мбіт на НСК займе лише 500 мс. Такі перетворення виконують для здійснення передачі відеоінформації у форматі HD зі швидкістю близької до реального часу.

Для передачі зображень каналами зв'язку найчастіше використовуються формати кодування з перетвореннями, що працюють за принципами (Рис.2), та встановлюють алгоритми кодування, стиснення відео, аудіо, службових та системних даних, а також даних синхронізації [14, 15].

ISSN 2706-7386

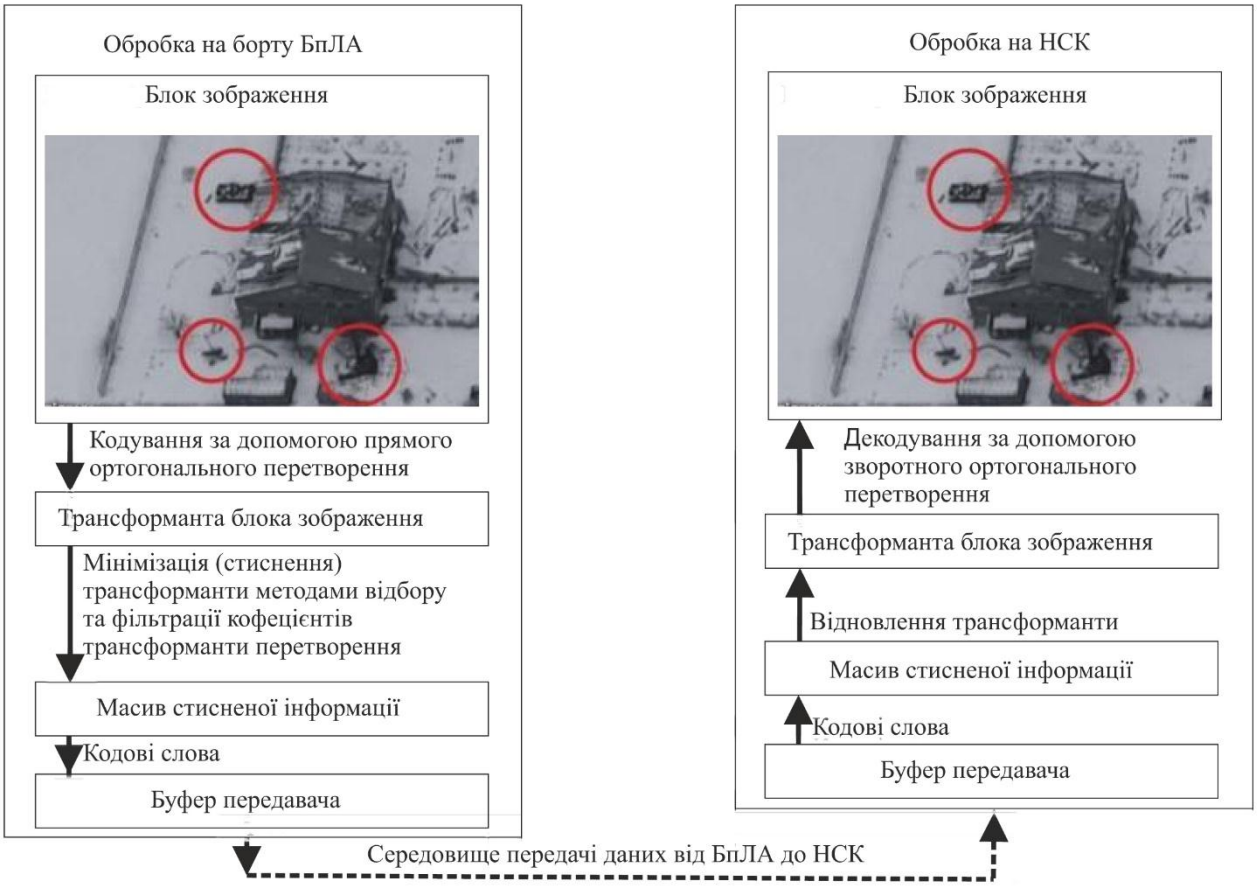


Рис.2. Процес кодування з перетворенням

Для безпечної доставки змісту пакету відеоінформації на даний час його шифрують за допомогою алгоритмів шифрування (AES-128, PlayReady, Widevine, FairPlay), але дані алгоритми не нові та всім добре відомі. Для ефективної протидії засобам технічної розвідки противника доцільне використання ключів більшої довжини (192, 256 біт).

Стратегія стиснення MPEG-4 на борту БпЛА полягає у відмові розглядати вихідне зображення з оптично-електронної системи як єдине інформаційне поле, з метою його подання у вигляді комбінації певної кількості семантичних одиниць. Окремі зображення кодуються незалежно один від одного відповідно до алгоритмів, що забезпечують найвищий ступінь стиснення. Оцінку ефективності методів стиснення і відновлення відеоінформації на основі ортогональних перетворень виконують розрахунком середньоквадратичного відхилення σ (СКВ) [16], яке є кількісною оцінкою якості стиснення і характеризує похибку відновленого зображення від еталону. Середньоквадратичне відхилення визначається виразом:

$$\sigma = \frac{1}{3}\sum^{RGB}\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left(x_{i,j}^{(B)} - x_{i,j}^{(I)}\right)^2}{M \cdot N}},$$

де: σ – середньоквадратичне відхилення;

$x_{i,j}^{(B)}$ – елемент вихідного зображення;

$x_{i,j}^{(I)}$ – елемент відновленого зображення;

$\sum^{RGB}$ – підсумовування за трьома колірними компонентами *R, G* і *B.*

Середньоквадратичне відхилення визначається як властивостями ортогонального перетворення, так і характеристиками алгоритму стиснення [17]. Під час розробки методів стиснення і відновлення відеоінформації на основі ортогональних перетворень необхідно забезпечити мінімальне значення цього показника.

В алгоритмах стиснення відеоінформації найбільш широке застосування отримали перетворення Фур'є, дискретно-косинусне перетворення, перетворення Хаара, Уолша-Адамара та Карунена-Лоева, Хаффмана, RLE, LZ, LZW, JBIG, DEFLATE, JPEG, фрактального та рекурсивного (хвильового) кодування [18–19].

Аналіз існуючих процесів стиснення відеоінформації виявляє їх недоліки. Зі збільшенням ступеня стиснення якість відновленого зображення через значну кореляцію матричних елементів і генерації надлишкових кодів під час незалежного кодування погіршується. Особливе значення серед проблем обробки відеоінформації має вирішення протиріччя між отриманням необхідної якості зображення та забезпеченням максимально можливого стиснення даних.

Розглядаючи стиснення відеоінформації необхідно більш детально розглянути існуючі канали радіозв'язку, оскільки саме вони безпосередньо визначають здатність функціонувати розвідувальний БпЛА в умовах застосування інтенсивних електронних контрзаходів та перехоплення (придушення).

Вимоги до швидкості передачі відеоінформації для оптико-електронних систем БпАК сформульовані в стандарті НАТО STANAG 4609 Edition 2 ("Цифрові зображення що рухаються, образи") і в другій редакції "Керівництва по реалізації" цього стандарту (технічні науки 71 AEDP-8). Мета стандарту – підвищення здібності до взаємодії між системами контролю та управління НАТО в питаннях обміну цифровими мультимедійними зображеннями, у тому числі сформованими на борту БпЛА.

За практикою використання БпАК країнами НАТО під час численних місій у STANAG 4609 викладено класифікацію існуючих систем рухомих просторово-часових образів (MISM). Класифікація дозволяє віднести ту чи іншу систему MI (Motion imaginery, або цифрові рухомі зображення, образи) за рівнями складності (MISM Level від MISM L0 до MISM L14) відповідно до її рівня розвитку та якості відтворення інформації. Окремі вузли системи в межах ланцюга обробки зображень можуть функціонувати на різних рівнях MISM, при цьому повна специфікація системи визначається вузлом самого нижнього із рівнів, що використовуються [4]. У загальному випадку чим нижче рівень, тим гірше якість отриманих на НСК зображень та корисність БпАК в цілому.

Країни НАТО можуть використовувати системи любого рівня MISM, але здатність до взаємодій не гарантується для систем з MISM Level більше 10.

Оптико-електронні системи, що заплановані для розробки в країнах НАТО в військових цілях для застосування на борту БпЛА з 2008 року переведені на стандарт високої якості та чіткості не гірше, ніж (HD) SMPTE 296M-2001 з прогресивною розгорткою і форматом зображення не гірше, ніж 1920x1080x(50p) 60p і тільки в тренажерних системах та учбових БпЛА досі можуть використовуватися формати Full HD 1920x1080x24p/25p/30p.

У даному місці доречно згадати, що БпАК вітчизняного виробництва, наприклад, "Лелека–100" використовує цифровий канал 1080p full HD зі стабільною передачею відеоінформації лише на відстань до 15 км, що за запропонованим у STANAG 4609 розподілом нижче MISM L10 і відповідає лише БпЛА, що використовуються для тренування особового складу, можуть бути інтегровані, але станом ще на 2008 рік не перспективні з точки зору виконання реальних завдань з ведення розвідки у країнах НАТО.

Для передачі необробленої відеоінформації з MISM Level 11–14 необхідна пропускна здатність 3–4 Гбіт/сек, що доступна поки що лише в оптоволоконному транспортному середовищі систем із синхронною цифровою ієрархією SONET рівню OC-96.

Поява у 2014 році формату 4K, який має розділювальну здатність 4096x3112x60p (4K з повним кадром) надав не тільки стрімкого розвитку і сформував вимоги до екранів, проєкторів для відображення інформації “Ultra High-Definition”, “Ultra HD“, або “UHD“ (4K), а ще й зазначив необхідність створення новітніх каналів передачі даних та більш новітніх алгоритмів обробки та стиснення відеоінформації.

Перехід до трансляції відео у форматі 8K UHDTV (4320p) на основі технології MIMO було здійснено в Японії 23 липня 2021 року.

На 2022 рік очікується поява 16K Ultra HD, або UHDTV-3 формату (15360x8640x120). Це у чотири рази більше пік селів, ніж у 8K, у 16 разів більше 4K і 64 рази більше за 1080 p. Зараз 16K може бути запущена на Multi-monitor (декілька об'єднаних моніторів) налаштованим за допомогою AMD Eyefinity чи NVIDIA Surround.

Радіолінії високої пропускної здатності в збройних силах країн НАТО використовуються з 2008 року. На виставці “TechDemo 08” у 2008 році демонструвалися можливості радіоліній передачі даних системи ARDS виробництва фірми OHB System Німеччина з пропускною здатністю до 274 Мбит/с при віддаленні від БпЛА до наземної станції керування 200 км, що дозволяло передавати відеоінформацію MISM-L10M з двох камер формату Full HD одночасно. В 2021 році на ринок для загального використання вже прийшли пристрої (наприклад Siklu EtherHaul 8010FX ODUH) здатні передавати сигнали з пропускною здатністю 10 Гбіт/сек на відстані 10 км і вище.

Аналіз даної проблематики визначає протиріччя між початковою якістю зображень та необхідними характеристиками обладнання передачі даних, а саме часом стиснення, передачі та якістю відновлених зображень і реальними характеристиками радіопередавального обладнання існуючих БпАК не тільки вітчизняного виробництва.

До появи на БпЛА радіоканалів з зазначеною пропускною здатністю (рівень складності MISM якої більше 10) зображення високої якості (як приклад 4K) можуть використовуватись лише на початкових стадіях обробки, або для запису на цифровий бортовий носій інформації для її подальшої обробки після приземлення БпЛА.

Створення систем зв'язку для БпАК йде шляхом освоєння цифрових методів передачі в комбінації з електронними системами обробки зображень. Це дозволяє перейти до вирішення важливих практичних завдань, у тому числі задач виділення корисних сигналів та зображень на фоні перешкод та розвитку новітніх алгоритмів обробки.

Висновки. Ефективне використання розвідувальних БпЛА тісно пов’язано з багатьма факторами. На надання своєчасної та якісної інформації впливає не тільки якість каналів зв’язку та рівень навченості операторів (увага шифрувальника, можливість операторів працювати довгий час без втрати уваги та помилок через втомленість), а насамперед технічний рівень оптико-електронної системи та досконалість програмного забезпечення з обробки відеоінформації.

Аналіз даної проблематики виявив протиріччя між початковою якістю відеозображень та необхідними характеристиками обладнання передачі даних, а саме часом стиснення, передачі та якістю відновлених зображень і реальними характеристиками радіопередавального обладнання існуючих БпАК, а також відсутність автоматичного виявлення, маркування, розпізнавання (класифікації) об’єктів розвідки, та можливості швидкого формування експрес-звітів у вітчизняних БпАК.

Розглянувши особливості застосування передового досвіду країн НАТО та проаналізував застосування вітчизняних БпАК, а також враховуючи те, що методи і алгоритми обробки відеоінформації постійно удосконалюються, а їх поєднання в програмному забезпеченні сучасних БпЛА вже дозволяє досягти ймовірності виявлення

об'єкту розвідки порядку 80% (що можливо досягнути тільки під час візуального спостереження об'єкту підготовленим оператором) слід зробити висновок про доцільність їх застосування та інтеграції у БпАК вітчизняного виробництва для суттєвого покращення їх бойових можливостей.

Перспективним напрямком також може стати введення системи автоматичного маркування виявлених об'єктів і створення єдиної представницької бази зображень та її постійне оновлення для навчання перспективних систем машинного зору.

Обробка відеоінформації з метою її використання для польоту БпЛА в зоні роботи засобів РЕБ без використання навігаційних систем по еталонним відео зображенням детально в рамках цієї статті не розглядалася, але використання цього алгоритму сумісно з кореляційним алгоритмом "SUFR" під час тестування її у країнах ЄС досягла більше ніж 95% відповідностей, а точність орієнтування на місцевості близько до 2–4 метрів. Досягнуті результати забезпечили надійну навігацію БпЛА повністю в автономному режимі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колобородов В.Г. Применение методов и алгоритмов обработки изображений в оптико-электронных приборах / В.Г. Колобородов, К.В. Харитоненко // Вестник НТУУ "КПИ". – М.: НТУУ "КПИ", 2010. – Вып. № 40. – С. 23–31.

2. Сальник Ю.П. Направление обеспечения мониторинга местности перспективной аппаратурой БПЛА / Ю.П. Сальник // Системы обработки информации. – М., 2007. – Вип. № 3(61). – С. 106–108.

3. Слюсар В.И. Передача данных с борта БПЛА: стандарты НАТО / В.И. Слюсар // Электроника: наука, технология, бизнес. – М.: РИЦ "Техносфера", 2010. – Вып. № 3. – С. 80–86.

4. Слюсар В.И. Радиолинии связи с БПЛА: примеры реализации / В.И. Слюсар // Электроника: наука, технология, бизнес. – М.: РИЦ "Техносфера", 2010. – Вып. № 5. – С. 56–60.

5. Попков В.Е. Анализ эффективности пилота при использовании систем целеуказания и индикации / В.Е. Попков, Г.И. Афанасьев// Международный научно-практический журнал Теория и практика современной науки. – М.:МГТУ, 2017. – Вып. № 4(22). – С. 1042–1047.

6. Stauffer C. Adaptive background mixture models for real-time tracking / C. Stauffer and W. Grimson // In Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Computer Society Conference on. – 1999. – Volume 2.

7. Sheikh Y. Bayesian modeling of dynamic scenes for object detection / Y. Sheikh and M. Shah. – PAMI, 2005 – Volume 27. – PP. 1778–1792.

8. Sheikh Y. Background subtraction for freely moving cameras / Y. Sheikh, O. Javed, and T. Kanade // In ICCV. – 2009. – PP. 1219–1225

9. Kwak S. Generalized background subtraction based on hybrid inference by belief propagation and bayesian filtering / S. Kwak, T. Lim, W. Nam, B. Han, and J.H. Han // In Computer Vision (ICCV), IEEE International Conference on, nov, 2011. – P. 2174–2181.

10. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р.Гонсалес, Р.Вудс. – М.: РИЦ "Техносфера", 2005. – С. 327–350.

11. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. – М.: Сов. радио, 1999. – 278 с.

12. Chris Stauffer, W.E.L. Grimson Adaptive background mixture models for real-time tracking // In Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern.

13. A. P. Dempster, N. M. Laird, D. B. Rubin Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm // Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), – Vol. 39. – No. 1. (1977). – PP. 1–38.

14. Гриньов Д.В. Методи стиснення зображень в системах цифрової обробки даних / Д.В. Гриньов, З.З. Закіров // Системи обробки інформації. – Харків, 2010. – Вип. № 2(83). – С. 66–70.

15. Зубко Р.А. Алгоритми стиснення зображень / Р.А. Зубко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Вып. № 1/2(61). – С. 40–44.

16. Прэтт У. Цифровая обработка изображений; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн.1. – 312 с.

17. Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства: учеб. пособ. для вузов / В.Н. Бондарев, Г. Тресрер, В.С. Чернега. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.

18. Ахмед Н. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов; пер. с англ. / Н. Ахмед, К.Р. Рао. – М.: Связь, 1980. – 248 с.

19. Дуденко С.В. Двумерное смещенное дискретное преобразование Хартли / С.В. Дуденко, М.М. Колмиков, К.А. Вельчев // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Харків: ХУПС, 2008. – Вип. № 1(16). – С. 62–64.

Башинський Володимир Георгійович
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, академік Академії технологічних наук України, начальник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1712-7772
e-mail: dndivs@ukr.net

Volodymyr Bashynskyi
Doctor of Sciences, Senior Research Scientist, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, The Laureate of State Prize of Ukraine in Science and Technology, Member of ATS Ukraine, Chief of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1712-7772
e-mail: dndivs@ukr.net

Рагулін Вадим Валерійович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-7362-4269
E-mail: dr.borman753@gmail.com
+38-068-877-44-21

Vadim Rahulin
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-7362-4269
E-mail: dr.borman753@gmail.com
+38-068-877-44-21

Солодчук Максим Олександрович
начальник науково-дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-1162-6784
+38-093-556-54-77

Maksym Solodchuk
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1162-6784
+38-093-556-54-77

Фомін Андрій Вікторович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-5894-0618
+38-073-159-32-96

Ісаченко Олександр Олександрович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-5620-6639
+38-063-849-21-40

Andrei Fomin
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-5894-0618
+38-073-159-32-96

Oleksandr Isachenko
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-5620-6639
+38-063-849-21-40

SUBSTANTIATION OF NECESSITY OF VIDEO INFORMATION PROCESSING ON BOARD THE RECCONNAISSANCE UNMANNAED AERIAL VEHICLE

V Bashynskyi, V Rahulin, M Solodchuk, A Fomin and O Isachenko

The combat capabilities of the recconnaissance unit depend on the effectiveness of recconnaissance during the assessment of the area of operation of the unit. The methods of video processing significantly impact the quality of the task assigned to the unit. Fast and high-quality processing of video air reconnaissance allows to carry out analysis, predict trends of changes in the defensive positions of the enemy, determine their strength and location, concentration of forces for the offensive or raid. The biggest problems are connected with real-time data transmission and solving tasks that need to be solved in order to use a large number of computing resources.

The variety of digital imaging techniques and algorithms is associated with a wide range of problems that arise during the processing and transmission of digital data.

To solve important practical tasks, including the identification of useful optical signals and images on the background of interference, integrated designs are created, in which matrix receivers of the emission are combined with electronic image processing systems. At the same time, many modern articles do not take into account a number of new factors and problems related to, for example, the sharp increase in the volume of information to be processed in real time, with peculiarities of space and time selection of high definition, etc.

The peculiarities of the choice of algorithms of digital image processing in the optical-electronic devices of UAV significantly affect the probability of detection of trace objects and combat capabilities of the UAV in general.

Keywords: *unmanned aerial vehicle complex, reconnaissance, real-time processing, means of automatic analysis, probability of detection, probability, video image processing.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 623.618.5 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.13

Старцев В.В., Третяк В.Ф., Бровко М.Б., Джігірей В.О. *Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*
Коломійцев О.В. *Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"*

ПІДХОДИ ЩОДО ПІДТРИМКИ РІШЕННЯ НА ВИКОНАННЯ ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ В СИСТЕМІ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Для досягнення високої ефективності застосування військових частин та окремих підрозділів Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України в умовах ведення бойових дій потрібно постійно підтримувати озброєння та військову техніку (ОВТ) до застосування. Для підтримки зразків ОВТ у повній бойовій готовності існує система логістичного забезпечення, у якій одними із головних складових є: забезпечення боєздатним озброєнням та військовою технікою, підтримання її в готовності до бойового застосування та відновлення (ремонт). У статті розглянуті підходи щодо підтримки рішення на виконання заходів з відновлення ОВТ у системі логістичного забезпечення ПС ЗС України під час проведення операцій (бойових дій). Враховано досвід ведення бойових дій під час антитерористичної операції і виконання завдань у складі угруповання військ у зоні проведення операції об'єднаних сил на сході України, а також відкритого воєнного нападу (агресії) Російської Федерації.

Ключові слова*: бойові дії, відновлення, озброєння та військова техніка, ефективність відновлення, логістичне забезпечення, ремонтно-відновлювальні роботи, ступінь пошкодження.*

Постановка проблеми.

Досвід сучасних локальних війн (конфліктів і операцій) свідчить про те, що значна роль у досягненні мети війни на етапі розвитку збройної боротьби приділяється засобам повітряного нападу (ЗПН). Це, у свою чергу, обумовлює об'єктивну необхідність створення ефективної системи протиповітряної оборони (ППО) військ та об'єктів для їх надійного прикриття від ударів з повітря.

Високу ефективність застосування засобів ППО Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України неможливо досягти без підтримання у боєздатному стані озброєння та військової техніки (ОВТ) авіації, зенітних ракетних військ (ЗРВ) та радіотехнічних військ (РТВ). Вирішення даного завдання покладається на систему логістичного забезпечення (ЛЗ) ПС ЗС України, однією із функцій якої є забезпечення ОВТ, підтримання ОВТ у готовності до бойового застосування та відновлення (ремонт) [1].

Досвід відновлення ОВТ, що отриманий під час проведення антитерористичної операції (АТО) і операції об'єднаних сил (ООС) на сході України та відкритого воєнного нападу Російської Федерації (РФ) вказує на актуальність завдань щодо впровадження нових організаційно-технічних рішень та підходів до відновлення ОВТ з урахуванням реальних умов його застосування, а також удосконалення структури, складу і можливостей ремонтно-відновлювальних органів (РВО), зокрема, рухомої складової системи відновлення ОВТ.

Метою статті є вироблення обґрунтованих пропозицій щодо вирішення проблемних питань відновлення ОВТ ПС ЗС України та обґрунтування підходів щодо підтримки рішення на виконання заходів з відновлення ОВТ у системі ЛЗ ПС ЗС України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Більшість із відомих робіт в області розв'язання завдань ЛЗ, в основному, спрямовані

© Старцев В.В., Третяк В.Ф., Бровко М.Б., Джігірей В.О., Коломійцев О.В., 2022

на оптимізацію процесів технічного обслуговування (ТО) ОВТ, організацію заходів щодо їх поточного і планового ремонтів [5].

У деяких роботах розглядаються питання оптимізації складу комплектів запасних інструментів та приладів (ЗІП) до технічних систем і їх ешелонування [6] та розробки моделі функціонування підсистеми забезпечення запасними частинами та оцінці показників ефективності щодо проведення поточного ремонту [8].

В окремих роботах [7, 10] розглядаються питання щодо відновлення ОВТ, що одержало пошкодження у результаті впливу засобів ураження противника по бойових порядках військ та удосконалення інформаційного забезпечення автоматизованої системи управління ЛЗ під час відновлювання пошкодженого ОВТ шляхом формування процедури прогнозування очікуваних пошкоджень безпосередньо від впливу дії засобів ураження [9, 11].

В останніх публікаціях [12] розроблена комплексна модель контролю та відновлення працездатності складної технічної системи з багаторівневою структурою, яка описує процеси контролю технічного стану, пошуку місця відмов та заміни дефектних типових елементів заміни (ТЕЗ).

У дослідженні [13] розроблена модель процесу проведення поточного ремонту радіоелектронних засобів зенітних ракетних комплексів (ЗРК) угруповання ЗРВ при різних за організацією виконання методів поточного ремонту як експлуатаційним персоналом, так і ремонтними бригадами військових частин із залученням ремонтних підприємств промисловості.

У роботі [14] розглянуті основні положення методики обґрунтування складу та кількості бригад поточного ремонту радіоелектронних засобів парку ЗРК угруповання ЗРВ, за яких забезпечуються необхідні показники якості поточного ремонту та мінімум витрат на формування та функціонування системи поточного ремонту при освоєнні та подальшій їх експлуатації за технічним станом.

Механізм функціонування системи ЛЗ визначається розпорядчими, плануючими, експлуатаційними та іншими керівними документами. Загальні вимоги, що стосуються організації відновлення ОВТ ПС ЗС України, наведені у державних та галузевих стандартах з експлуатації і ремонту ОВТ. Але механізм організації відновлення (проведення ремонтно-відновлюваних робіт) на наземних зразках ОВТ (зенітного ракетного озброєння, радіоелектронної техніки, автомобільного та бронетанкового базового шасі, радіотехнічних засобів забезпечення польотів авіації, техніки аеродромне-технічного забезпечення тощо), що знаходяться на озброєнні ПС ЗС України, пошкодженого під час ведення бойових дій, у керівних документах повною мірою не визначений.

Таким чином, актуальність дослідження полягає у тому, що виникла необхідність у розробці нових керівних документів та методичного забезпечення, які б регламентували питання з організації діяльності ремонтно-відновлювальних органів ПС ЗС України і надавали їм необхідну інформацію з питань виконання заходів щодо відновлення ОВТ в умовах бойового застосування.

Виклад основного матеріалу.

Проведений аналіз набутого досвіду ведення бойових дій частинами і підрозділами ПС ЗС України під час виконання завдань у складі сил АТО і ООС на сході України та відкритого воєнного нападу РФ, а також збройного конфлікту (протистояння) на Близькому Сході та Закавказзі свідчить, що сучасні воєнні конфлікти на етапі розвитку збройної боротьби характеризуються наступними основними особливостями:

– відсутністю лінії прямого зіткнення між сторонами конфлікту;

ISSN 2706-7386

– високою ймовірністю раптового нападу противника з різних напрямків;

– використанням сучасних зразків озброєння, у тому числі високоточної зброї, новітніх боєприпасів, авіаційних засобів ураження (АЗУ) та ударних безпілотних літальних апаратів (БпЛА);

– застосуванням, у деяких випадках, заборонених засобів ураження (ЗУ).

Перелічені особливості у цілому можуть суттєво впливати на ефективність системи ЛЗ військ (сил) при веденні бойових дій у сучасних умовах збройної боротьби. Форми, способи, умови ведення збройної боротьби, особливо у питаннях своєчасного реагування на швидко мінливий стан бойової обстановки, протидії діяльності терористичних організацій, зростаючої загрози терористичних актів і диверсій на важливих державних і військових об'єктах, вимагають по-новому розглянути роль і місце системи ЛЗ військ (сил). До того ж, у зоні проведення операції (конфлікту) може створюватись змішане угруповання ПС ЗС України.

Змішане угруповання ПС ЗС України – це угруповання, до складу якого можуть входити частини (підрозділи) родів військ (авіації, ЗРВ, РТВ, військових частин і підрозділів підтримки, логістичного та медичного забезпечення), у повному або скороченому складі. При цьому, під скороченим складом частини (підрозділу), наприклад ЗРВ, слід розуміти залучення окремих її підрозділів (як вогневих, так і технічних).

Особливості застосування окремих підрозділів ЗРВ і РТВ (*озрдн, озрбатр, орлр, орлв*), які можуть бути задіяні у складі змішаних угрупувань ПС ЗС України визначаються наступним:

– автономністю бойового застосування підрозділів у відриві від органів управління та ЛЗ військових частин;

– бойовим завданням, що покладене на створене змішане угруповання ППО;

– необхідністю здійснення взаємодії з частинами та підрозділами інших видів і родів військ;

– районом проведення операції (ведення бойових дій);

– активністю дій розвідувально-диверсійних груп противника у районах бойового призначення.

Таким чином, виникає необхідність адаптації системи ЛЗ угруповань ПС ЗС України до нових умов ведення збройної боротьби.

У таких умовах відновлення техніки, що зазнала бойові пошкодження покладається на РВО, безпосередньо, у зонах відповідальності (смугах бойових дій). У випадках, коли несправності ОВТ не можуть бути усунені без спеціального обладнання засобу ремонту або у разі накопичення непрацездатних блоків або складних несправностей, що не можуть бути вчасно усунені силами та засобами ремонтного органу, пошкоджена техніка підлягає евакуації для відновлення до пунктів постійної дислокації або стаціонарних ремонтних підприємств.

ЛЗ змішаного угруповання ПС ЗС України організовується і здійснюється у певних умовах оперативно-логістичної обстановки під впливом різних зовнішніх і внутрішніх, негативних і позитивних факторів, характер яких може бути ймовірним або детермінованим.

До основних зовнішніх факторів, що впливають на організацію і здійснення відновлення ОВТ у системі ЛЗ змішаних угруповань, під час ведення операцій (бойових дій) у сучасних умовах, належать:

– масштаб і характер вогневого впливу противника на війська у ході бойових дій;

– роль і місце підрозділів у оперативній побудові (бойовому порядку) змішаного угруповання, що визначається покладеними на них бойовими завданнями;

ISSN 2706-7386

– рівень забезпеченості змішаного угруповання ОВТ, ракетами і боєприпасами, військово-технічним майном (ВТМ) на початок бойових дій;

– стан ОВТ, що зазнало пошкоджень під час ведення бойових дій;

– вимоги до ступеню боєздатності змішаного угруповання [4].

До основних внутрішніх факторів, що впливають на організацію і здійснення відновлення ОВТ змішаних угруповань ПС ЗС України належать:

– стан ОВТ змішаного угруповання ПС;

– значення його показників безвідмовності та ремонтопридатності зразків ОВТ певного типу;

– наявність, стан і можливості РВО;

– кількісно-якісний склад виїзних ремонтних бригад з відновлення пошкодженого ОВТ;

– кваліфікація ремонтного персоналу через наявність ефективної інформаційної підтримки при виконанні технологічних операцій ремонту складових частин зразків ОВТ і зразків ОВТ у цілому;

– раціональна витрата усіх видів ресурсів, їх облік та використання оперативного управління ходом робіт з ремонту ОВТ;

– адаптивність технологічного оснащення робочих місць мобільних засобів ремонту ОВТ до специфіки різних типів ОВТ;

– ефективне завантаження ремонтних потужностей;

– наявність і можливості засобів евакуації та транспортування пошкоджених ОВТ до збірного пункту пошкоджених машин (ЗППМ);

– стан дорожньо-транспортної інфраструктури району бойових дій.

Для оцінювання ефективності відновлення пошкоджених ОВТ в умовах бойового застосування необхідна розробка методичного апарату, який повинен складатися з опису ряду методик, наприклад:

– методики оцінювання стану ОВТ, пошкодженого під час ведення бойових дій;

– методики оцінювання можливостей відновлення ОВТ;

– методики визначення кількісно-якісного складу виїзних ремонтних бригад (ВРБр) з відновлення ОВТ;

– методики оцінювання ефективності функціонування відновлення ОВТ тощо.

Методика оцінювання стану ОВТ, пошкодженого під час ведення бойових дій (далі – Методика оцінювання стану ОВТ) призначена для проведення розрахунків очікуваних пошкоджень ОВТ внаслідок застосування противником засобів ураження (ЗУ). В якості основних показників, що характеризують рівень пошкоджень ОВТ під час ведення бойових дій, у Методиці оцінювання стану ОВТ використовують якісний показник (визначає ступінь пошкоджень зразка ОВТ) та кількісний показник (середні очікувані трудовитрати на відновлення зразка ОВТ).

У Методиці оцінювання стану ОВТ, зразків техніки представляються як сукупність декількох структурних елементів, що мають суттєві розбіжності у способах отримання пошкоджень та відповідно відновлення. Такими структурними елементами стосовно засобів ЗРК та радіоелектронної техніки (РЕТ) є:

– антенні пристрої;

– високочастотна апаратура;

– низькочастотна апаратура;

– самохідне шасі (засіб рухомості);

ISSN 2706-7386

– зенітні керовані ракети.

Якісним показником оцінювання рівня пошкоджень структурного елементу зразка ОВТ є ознака ступеню пошкоджень, яка приймає наступні значення:

– слабкі пошкодження;

– середні пошкодження;

– сильні пошкодження;

– повне руйнування.

Кількісним показником оцінювання рівня пошкоджень зразка ОВТ є середні очікувані трудовитрати на відновлення зразка ОВТ. Розрахована величина середніх очікуваних трудовитрат на відновлення зразка ОВТ порівнюється з граничними значеннями трудовитрат на відновлення зразка ОВТ для кожного значення ознаки ступеню пошкоджень та на підставі результатів такого порівняння приймається рішення про очікуваний рівень пошкоджень зразка ОВТ.

Методика оцінювання можливостей відновлення ОВТ, пошкодженого під час ведення бойових дій (операцій) призначена для проведення розрахунків очікуваних термінів відновлення ОВТ, пошкодженого противником. У Методиці представляється як сукупність декількох структурних елементів, що мають суттєві розбіжності у способах отримання пошкоджень та відновлення. У якості основного показника, який характеризує можливості відновлення ОВТ, пошкодженого під час ведення бойових дій (операцій), використовуються кількісний показник – середня тривалість відновлення зразка ОВТ. Додатковим кількісним показником є ймовірність відновлення зразка ОВТ за визначений час.

Методика визначення кількісно-якісного складу виїзних ремонтних бригад (ВРБр) з відновлення ОВТ пошкодженого у ході бойових дій (операцій) призначена для розрахунку оптимальної кількості ВРБр з відновлення ОВТ та їх складу. Продуктивність ВРБр, як характеристика, визначається рівнем кваліфікації спеціалістів-ремонтників, структурою побудови технологічного процесу і забезпеченістю кожного робочого місця усім необхідним для успішного виконання робіт. Вона характеризує досягнутий організаційно-технічний рівень і якість технологічного процесу ремонту, а також можливості ремонтної бригади з виконання відновлювальних робіт на пошкодженому ОВТ. Склад ремонтної бригади визначається на основі даних про трудовитрати на виконання даного виду ремонту. Знаючи трудомісткість виконання ремонту визначається необхідна кількість спеціалістів-ремонтників для виконання даного виду ремонту згідно існуючого математичного апарату.

У сучасних умовах для забезпечення необхідного рівня відновлення ОВТ особливу важливість набувають питання раціонального використання сил і засобів РВО у системи ЛЗ, підвищення ефективності роботи за рахунок скорочення витрат часу на переміщення майстерень, згортання і розгортання їх при виконанні ремонту, раціонального планування роботи системи тощо. Все це може бути досягнуто коректною і правильною оцінкою ефективності функціонування відновлення ОВТ як складовою системи ЛЗ ПС ЗС України у операціях сил оборони.

Відповідно до вимог керівних документів [2], відновлення ОВТ включає: технічну розвідку, евакуацію, ремонт ОВТ та введення їх до строю (у дію). Таким чином, виходячи з розв'язуваних завдань відновлення ОВТ структурно може бути розділена на складові: технічну розвідку, евакуацію та ремонт.

Виходячи з того, що військові частини та окремі підрозділи ПС ЗС України в угрупованні військ у операціях Сил оборони за своїми функціональними призначенням поділяються на: бойові (авіації, ЗРВ, РТВ), військові частини (підрозділи) підтримки (розвідки, радіоелектронної боротьби (РЕБ), інженерні, а також хімічного, біологічного,

ISSN 2706-7386

радіаційного, ядерного захисту (ХБРЯЗ) тощо), логістичного і медичного забезпечення, у реальних умовах, на підставі нормативних правових документів, із застосування військових частин (підрозділів) родів військ ПС ЗС України відновлення ОВТ здійснюється у залежності від їх приналежності, ступеня важливості та ступеня впливу на виконання бойових завдань. Даний вплив має враховуватися у визначенні ефективності відновлення ОВТ для забезпечення повної її відповідності за цільовим призначенням.

У зв'язку з вищевикладеним необхідно оцінювати ефективність функціонування відновлення ОВТ, за допомогою узагальненого показника – рівня виконання завдання з відновлення, який представляє собою суму множення коефіцієнтів відновлення військової техніки *j*-го пріоритету і вагових коефіцієнтів значимості цих же пріоритетів, який визначається в залежності, отриманої методом адитивної згортки:

$$U = \sum_{j=1}^{m} A_j K_j, \tag{1}$$

де m – кількість пріоритетів;

j – номер пріоритету;

A_j – ваговий коефіцієнт значущості j-го пріоритету;

K_j – коефіцієнт відновлювання зразка техніки j-го пріоритету.

Коефіцієнт відновлювання зразка техніки j-го пріоритету визначається формулою:

$$K_j = \frac{M_{yj}}{M_{tyj}} \tag{2}$$

де M_{vj} – кількість зразків техніки j-го пріоритету, відновлювальних під час ведення операції (бойових дій), од.;

M_{tvj} – кількість зразків техніки j-го пріоритету, які отримали пошкодження під час ведення операції (бойових дій), од.

Вагові коефіцієнти значимості пріоритетів визначаються методом експертних оцінок у залежності від значимості кожного пріоритету у виконанні бойових завдань. Перевагою даного показника є те, що він найбільш повно характеризує альтернативи і враховує вплив пріоритетів у відновленні. Крім того, він враховує не тільки кількісний склад відновлених зразків ОВТ, але і ступінь важливості кожного з них у виконанні бойових завдань. Дана методика може успішно використовуватися для оцінки ефективності відновлення ОВТ на рівні угруповання військ ПС ЗС України у операціях Сил оборони держави.

За результатами аналізу існуючої організаційно-штатної структури та оснащення РВО ПС ЗС України і вимог, що висуваються до організації ремонтно-відновлювальних робіт на ОВТ, пошкодженого під час ведення бойових дій, можливо стверджувати про зростаючу актуальність розробки та впровадження нових підходів щодо реорганізації системи відновлювання ОВТ у особливий період (військовий стан) та створення сучасних засобів діагностування, ТО та військового ремонту ОВТ родів військ ПС. Зразки ОВТ, що отримали бойові і експлуатаційні пошкодження, та які не можуть бути усунені без спеціального обладнання, підлягають евакуації для відновлення до пунктів постійної дислокації або стаціонарних ремонтних підприємств. Отже, окремі непрацездатні зразки ОВТ могли б бути

повернені до строю у короткий термін засобами рухомих військових РВО оперативного рівня (ПвК) безпосередньо у зонах відповідальності (смугах дій). Тому, на теперішній час стає питання реорганізації системи ЛЗ ПвК у частині відродження, а у окремих випадках створення системи відновлення ОВТ, тобто створення окремих ремонтно-відновлювальних частин і підрозділів для вирішення завдань підтримання боєздатності змішаних угрупувань ПС у ході операції (бойових дій) за рахунок своєчасного відновлення штатного ОВТ та ОВТ оперативного резерву. Це, у свою чергу, потребує реорганізації організаційно-штатної структури РВО оперативного рівня, а саме створення окремих ремонтно-відновлювальних батальйонів у складі ПвК, що підвищить оперативність і обсяг виконання робіт з відновлення пошкодженого ОВТ за усією номенклатурою озброєння.

Процес підтримки рішення на виконання заходів щодо відновлення ОВТ в системі ЛЗ ПС ЗС України пропонується поділити на три взаємопов'язаних етапи (Рис.1).

Основними шляхами удосконалення оснащення ремонтно-відновлювальних органів ПС ЗС України можна вважати наступні:

– підвищення технічних характеристик технологічного обладнання, яким укомплектовані рухомі ремонтні майстерні (особливо з ремонту автомобільної техніки), що дасть змогу значно знизити витрати енергоресурсів та працевитрати особового складу при виконанні ТО і ремонту (ТОіР) та відновлювання ОВТ;

– використання військової автомобільної техніки вітчизняного виробництва на однотипному паливі у якості автомобільного базового шасі ОВТ;

– комплектування уніфікованих засобів ремонту сучасними автономними джерелами електроживлення – дизель-генераторами необхідної потужності і номінальної напруги, що виключають непродуктивні витрати ресурсу двигуна автомобіля, його передчасного виходу з ладу та перевитрат палива, а також труднощі, які пов'язані у випадку заміни штатного базового автомобільного шасі;

– комплектування ремонтних засобів сучасними вантажопідйомними виробами та механізмами;

– використання автоматичних зарядних пристроїв замість пересувних зарядних електростанцій, що мають значні вагогабаритні характеристики;

– впровадження у якості зварювальних засобів сучасних приладів – зварювальних напівавтоматів, переносних зварювальних інверторів, електролізних газових пристроїв тощо;

– уніфікація кузовів-контейнерів (кузовів-фургонів), які встановлюються на автомобілі під монтаж обладнання, що дасть можливість виключення їх прив'язки до конкретних типів автомобілів і перестановки на інші марки автомобілів, забезпечить оперативність заміни автомобільних шасі або ОВТ у разі їх пошкодження, виходу з ладу або старіння.

Доцільність вирішення пріоритетного завдання щодо обґрунтування структури, складу і можливостей базової основи рухомої складової системи відновлення ОВТ – оснащення військових ремонтних органів за критерієм: по-перше, максимуму кількості ушкодженого ОВТ, що може бути відновлено безпосередньо у зоні проведення операцій (бойових дій), по-друге, мінімуму кількості ушкодженого ОВТ, що потребує евакуації у ремонт до місць постійної дислокації або до ремонтних підприємств і підприємств промисловості на тривалий час.

Зменшити негативний вплив цих обставин може створення мобільного ремонтно-діагностичного комплексу (МРДК), основним призначенням якого повинне бути діагностування, ТО і ремонт ОВТ у РВО угруповання ПС ЗС України під час ведення операції (бойових дій).

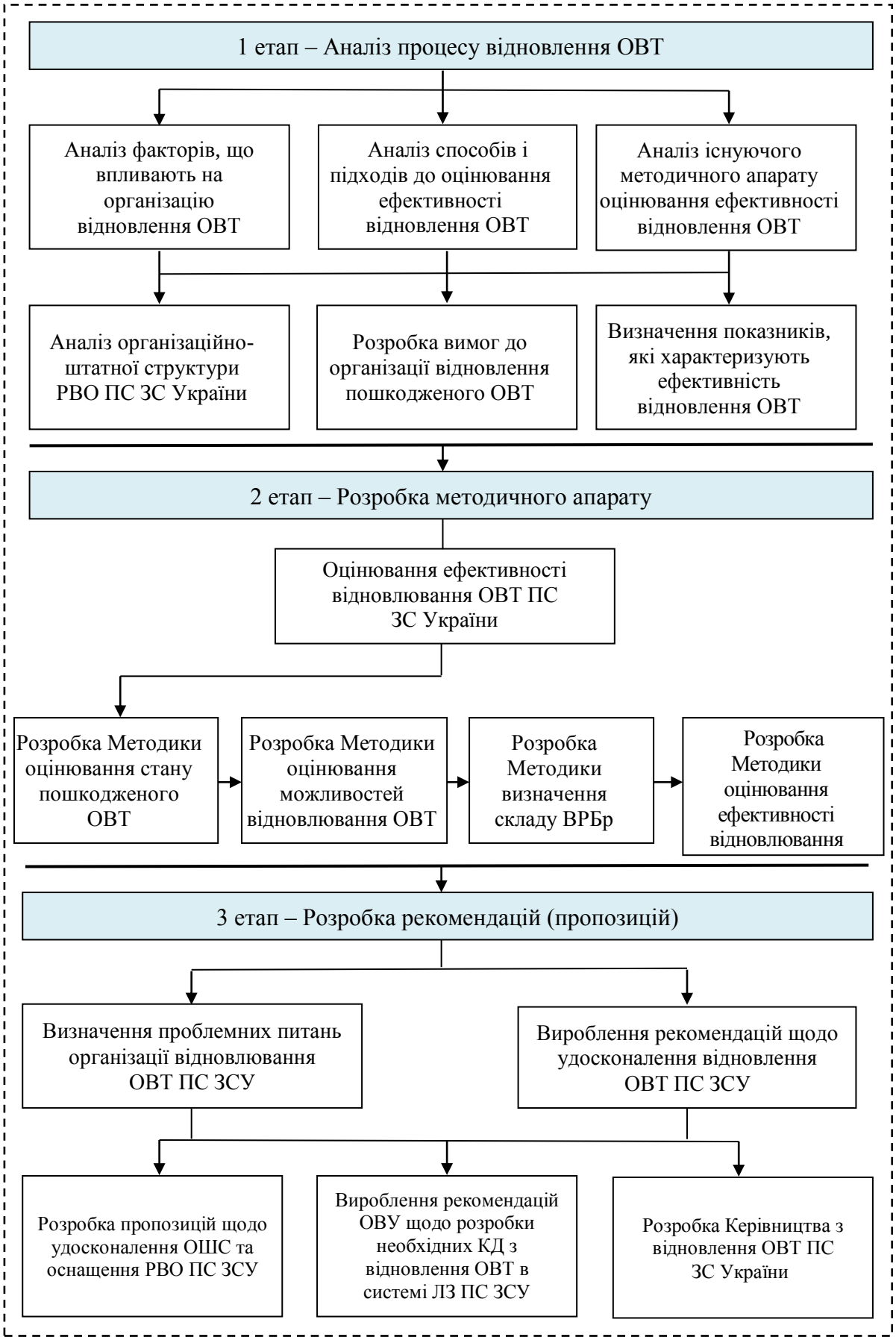


Рис.1. Процес підтримки рішення на виконання заходів щодо відновлення ОВТ у системі ЛЗ ПС ЗС України

Основною метою розробки Керівництва з відновлення ОВТ ПС ЗС України є встановлення загальних вимог до планування, порядку організації та проведення ремонтно-відновлювальних робіт на ОВТ у особливий період (під час ведення бойових дій).

Дане Керівництво повинне торкнутися усіх складових системи відновлення ОВТ в умовах ведення бойових дій – від визначення мети і завдань відновлення ОВТ, класифікації пошкоджень ОВТ та загальної характеристики ремонтів, порядку організації та проведення відновлення пошкоджених ОВТ у частинах та підрозділах до визначення обов'язків посадових осіб всіх рангів (від керівників до рядових виконавців) з проведення ремонтно-відновлювальних робіт на ОВТ.

Розроблений проєкт Керівництва за своїм призначенням повинен бути основним документом, що визначає основи організації діяльності ремонтно-відновлювальних органів ПС ЗС України у мирний час (підготовчий період) і особливий період (під час ведення бойових дій) та проведення ремонтно-відновлених робіт на пошкодженому ОВТ в умовах бойового застосування військ.

Висновки.

Таким чином, однією зі складових ЛЗ ПС ЗС України поряд із забезпеченням ОВТ, підтриманням ОВТ у готовності до бойового застосування є відновлення (ремонт) ОВТ, що одержало пошкодження під час проведення бойових дій (операцій) у складі угруповання військ ПС. Даний спектр діяльності ОВУ з питань ЛЗ має бути направлений на проведення заходів з аналізу факторів, що впливають на організацію відновлення ОВТ, складових щодо визначення ефективності відновлення, оцінювання стану та можливостей відновлення ОВТ родів військ ПС ЗС України.

Розглянуто підходи щодо підтримки рішення на виконання заходів з відновлення ОВТ у системі ЛЗ ПС ЗС України, які складаються із заходів аналізу складових показників, що характеризують ефективність відновлення ОВТ, оцінювання ефективності відновлювання ОВТ та вироблення рекомендацій органам військового управління щодо розробки необхідних керівних документів з організації та здійснення відновлення ОВТ у системі ЛЗ ПС ЗС України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Доктрина Об'єднана логістика: затверджена Головнокомандувачем Збройних Сил України 19 вересня 2020 року. – К.: ГШ ЗС України, 2020. – 40 с.

2. Тимчасова настанова з логістичного забезпечення бойових дій частин (підрозділів) Повітряних Сил Збройних Сил України: наказ Генерального штабу Збройних Сил України від 28.012.2019 № 494.

3. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення: ДСТУ В 3576–97. – [Чинний від 1997-03-07]. Київ: Держстандарт України, 1998. – 22 с. – Державний Стандарт України.

4. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил): навчальний посібник / В.О. Шуєнкін та ін. – К.: вид. Максименко М.Я., 2010. – 723 с.

5. Игнатов В.А. Статистическая оптимизация качества функционирования электронных систем / В.А. Игнатов, Г.Г. Маньшин, В.А. Трайнев. – М.: Энергия, 1984. – 264 с.

6. Исследование системы обеспечения вооружения и военной техники запасными частями и разработка предложений по её совершенствованию в интересах повышения боеготовности вооружения: заключительный отчет по НИР, шифр "Пучина". Военная инженерная радо-техническая академия ПВО. – Х., 1983. – 112 с.

7. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем: монографія / А.П, Ковтуненко, М.А. Шишанов, В.В. Зубарев – К.: НАУ, 2009. – 637 с.

8. Теребуха И.Н. Комплексная модель совместного функционирования функциональных

подсистем текущего ремонта РЭС ЗРК с разработкой модели функционирования подсистемы обеспечения запасными частями / И.Н. Теребуха // Наука и техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХНУПС, 2015. – № 1. – С. 61–65. Режим доступу: nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2015_1_14.

9. Запара Д.М. Впровадження процедури прогнозування пошкоджень ОВТ від впливу осколкової дії засобів ураження в перспективну АСУ матеріально-технічним забезпеченням / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, В.В. Старцев, Р.Ю. Кушпета, М.В. Дудко. // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Харків: ХНУПС, 2018. – № 4(58). – С. 50–56.

10. Запара Д.М. Удосконалення підходів щодо прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ від впливу ударної дії засобу ураження. / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, В.В. Старцев, С.А. Бортновський // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: ХНУПС 2018. – № 1(53). – С. 20–24. – DOI: 10.30748/ soivt.2018.53.02.

11. Запара Д.М. Формалізація процедури прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ в перспективній автоматизованій системі управління матеріально-технічним забезпеченням / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, С.А. Бортновський, П.В. Опенько // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – Харків: ХНУПС, 2018. – № 1(31). – С. 31–36.

12. Ланецкий Б.Н. Комплексная модель контроля технического состояния и восстановления работоспособности сложной технической системы с многоуровневой структурой. / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, И.Н. Теребуха // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: ХУПС, 2011. – № 4. – С. 73–75. – Режим доступу: nbuv. gov.ua/UJRN/soivt_2011_4_17.

13. Ланецкий Б.Н. Разработка моделей процесса текущего ремонта парка зенитных ракетных комплексов группировки зенитных ракетных войск / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, В.С. Жуков, И.Н. Теребуха // Наука и техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХУПС, 2013. – № 4. – С. 53–58. – Режим доступу: nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps 2013 4 14.

14. Ланецкий Б.Н. Методика обоснования состава и количества бригад текущего ремонта РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, И.Н. Теребуха // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Харків: ХУПС, 2014. – № 3(40). – С. 23–27.

15. Aloshin G. The method of parameters optimization of the multifunctional laser information-measuring system on the multiplicity of signals, structures and technical parameters / G. Aloshin, O Kolomiitsev, O.Kuleshov, K. Kulagin, A.Tkachev // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХНУПС, 2018. – Вип. № 1(30). – С. 73–79.

Старцев Володимир Вікторович
науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-1562-6669

Третяк Вячеслав Федорович
кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0003-2599-8834

Volodymyr Startsev
Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1562-6669

Viacheslav Tretiak
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Research Associate, Lead Researcher Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-2599-8834

Бровко Михайло Борисович
науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3141-4962
Джігірей Валерій Олександрович
старший науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-2857-3201
Коломійцев Олексій Володимирович
заслужений винахідник України, доктор технічних наук, професор, професор кафедри Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0001-8228-8404
e-mail: Alexus_k@ukr.net

Mykhailo Brovko
Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3141-4962
Valeriy Dzhigirey
Senior Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-2857-3201

Oleksii Kolomiitsev
Honored Inventor of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of National Technical University is the "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-8228-8404
e-mail: Alexus_k@ukr.net

APPROACHES IN RELATION TO SUPPORT THE DECISION TO PERFORM MEASURES TO RESTORE ARMAMENTS AND MILITARY EQUIPMENT IN THE SYSTEM OF LOGISTIC SUPPORT OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES FROM UKRAINE
V Startsev, V Tretiak, M Brovko, V Dzhigirey and O Kolomiitsev

In order to achieve high efficiency in the use of military units and individual units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of combat operations, it is necessary to constantly maintain weapons and military equipment in readiness for use. To solve this problem, there is a system of logistics support, where one of the main components is the provision of weapons and military equipment, maintaining it in readiness for combat use, restoration (repair). The article discusses approaches to support the decision to implement measures to restore weapons and military equipment in the logistics system of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine during operations (combat actions), takes into account the experience of conducting combat operations during an anti-terrorist operation and performing tasks as part of a group of troops in the zone of the operation of the joint forces in the east of Ukraine. The main factors impacting the organization of the restoration of military equipment in combat conditions are given. The main provisions of the methods for assessing the condition of damaged weapons and military equipment, opportunities for its restoration, determining the composition of repair and restoration units and assessing the effectiveness of the system of restoration of weapons and military equipment in general. Ways to improve the equipment of repair and restoration units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine and the main issues to be covered in the development of guidelines for the organization and implementation of the restoration of weapons and military equipment in combat. The process of support of decision is offered on implementation of measures in relation to proceeding in an armament and military equipment in the system of logistics providing of Aircrafts of Military Powers of Ukraine to divide into three mutually constrained stages: analysis of process of proceeding in an armament and military equipment, development of methodologies and development of recommendations (suggestions). It is suggested to work out Guidance from proceeding in an armament and military equipment of Aircrafts of Military Powers of Ukraine for establishing the general requirements to planning, order of organization and realization of repair-restoration works on an armament and military equipment in a special period (during the conduct of combat actions).

Keywords: combat operations, restoration, armament and military equipment, renovation efficiency, logistics support, repair and restoration work, degree of damage.

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 629.7.058 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.14

Тертишнік Є.М., Шейн І.В., Потапов О.І., Сокоринська Н.В., Ратушний С.В. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОЇ УНІВЕРСАЛЬНОЇ МОДУЛЬНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СЕРІЇ QUANTUMX ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ РІЗНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті проведено вивчення можливостей використання універсальної модульної вимірювальної системи для випробування військової техніки різного функціонального призначення.

Дослідження проведено методом системного аналізу технічних характеристик системи.

Метою досліджень було вивчення технічних характеристик, принципів побудови сучасної універсальної модульної вимірювальної системи іноземного виробництва щодо реєстрації необхідних параметрів роботи систем техніки, можливостей її застосування для проведення випробувань.

Аналіз технічних характеристик та особливості її використання під час випробування показав, що:

систему можна використовувати для вимірювання параметрів роботи техніки вітчизняного виробництва, що дозволить спростити, автоматизувати процес виконання вимірів, мінімізувати кількість помилок, які виникають в ході їх проведення;

вимірювальна система є універсальною та дозволить забезпечити процес вимірювань при проведенні випробувань техніки, їх складових, а також здійснювати вимірювання параметрів у системах різного функціонального призначення (статичних, динамічних характеристик об'єктів, температури, тиску, вібрацій, перевантажень та інших показників);

використання можливостей вимірювальної системи (реєстратора) дозволить скоротити час на прийняття рішення щодо доцільності постачання новими (модернізованими) зразками техніки ЗСУ та продовжити ресурс існуючих зразків.

Результати роботи доцільно використовувати при вивченні можливостей закупівлі лабораторного вимірювального обладнання науково-дослідними установами та підприємствами промисловості.

Ключові слова*: універсальна модульна вимірювальна система*.

Постановка проблеми використання вимірювальних систем для випробування техніки різного функціонального призначення показує, що останнім часом провідними країнами світу розроблено багато сучасних універсальних модульних вимірювальних систем (далі – УВС), які активно впроваджуються для проведення вимірювань та обробки їх результатів під час проведення випробувань, як озброєння та військової техніки (ОВТ) різного функціонального призначення в цілому, так і його складових частин. Вони потребують досконалого вивчення з метою можливості закупівлі для проведення випробувань. Більшість систем та комплексів вимірювань параметричної інформації, які експлуатуються в науково-дослідних лабораторіях інформаційно-вимірювальних систем Збройних Сил та підприємствах промисловості України є морально застарілими та призначені для вимірювання аналогових параметрів і бінарних сигналів роботи систем на повітряних судах та не можуть адаптуватися під інші види техніки, особливо наземної. Одним з можливим шляхів вирішення цього питання є закупівля аналогічних сучасних систем широкого спектру застосування іноземного виробництва.

Актуальність цієї статті обумовлена тим, що відповідно до рішення Міністра оборони України про створення державного випробувального полігону Збройних Сил України та загальних вимог до полігону для випробування озброєння та військової техніки Сухопутних військ Збройних Сил України Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, затверджених заступником начальника Генерального штабу Збройних Сил України, виникла необхідність щодо оснащення випробувальної та лабораторної бази. Це пов’язано з тим, що до Збройних Сил України надходить багато зразків ОВТ різного функціонального призначення, як нових, так і модернізованих, параметри роботи яких потрібно виміряти та оцінити під час випробувань.

© Тертишнік Є.М., Шейн І.В., Потапов О.І., Сокоринська Н.В., Ратушний С.В., 2022

ISSN 2706-7386

Метою досліджень є вивчення технічних характеристик сучасної УВС іноземного виробництва, можливостей її застосування для проведення випробувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання вивчення можливостей використання та застосування аналогічних сучасних, універсальних, модульних вимірювальних систем для проведення випробувань озброєння та військової техніки різного функціонального призначення були розглянуті в статтях збірника наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки [5–7] та в науково-дослідній роботі "Обґрунтування варіантів використання бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та військової техніки реєструючих систем під час випробування озброєння та військової техніки різного функціонального призначення, шифр "Борт".

Основна частина. Сучасні УВС призначені для оцінки великої кількості (сотень і навіть тисяч) взаємопов'язаних та взаємодіючих параметрів і відносяться до класу складних технічних систем.

Вивчення міжнародного та вітчизняного досвіду застосування таких систем показує, що особливої уваги потребують УВС, які побудовані за принципами роботи систем серії QUANTUMX, виробництва Німеччини та можуть бути застосовані для вимірювань багатьох різноманітних параметрів, насамперед цифрових [1].

Розглянемо більш детально її характеристики, принципи побудови та можливості застосування для проведення випробувань ОВТ.

Сучасні системи, що використовуються для випробування, являють собою вимірювальні комплекси, що включають в себе модулі для підключення датчиків, перетворення аналогових сигналів датчиків у цифрову форму, зберігання отриманої інформації в цифровому вигляді і зв'язок із зовнішніми комп'ютеризованими пристроями. Зазначені модулі можуть бути окремими чи інтегрованими в єдиний блок [2].

Розглянемо характеристики модулів та варіанти комплектації системи та проведемо аналіз параметричної інформації, яка потребує вимірювання під час випробувань ОВТ Сухопутних військ різного функціонального призначення.

Блок MX840B-R універсального вимірювального підсилювача зображений на рисунку 1.



Рис.1 Зображення MX840B-R універсального вимірювального підсилювача серії QUANTUMX

MX840B-R універсальний вимірювальний підсилювач забезпечує:

– 8 каналів з індивідуальною конфігурацією та можливістю підключення 16 різних перетворювачів до кожного каналу;

– швидкість передачі даних до 40 кГц на канал;

– підтримка TEDS;

– може використовуватися в суворих умовах навколишнього середовища (удари, вібрація, температура, волога);

– напруга живлення для активних перетворювачів від 5 В до 24 В.

Технічні характеристики:

– 4 ізольованих входи;

ISSN 2706-7386

– технології перетворювачів цифрових імпульсів та частот для лічильників, датчиків крутного моменту, кодових датчиків кута повороту, кодуючих датчиків, ШІМ (ширина імпульсу/час, робочий цикл);

– частота вибірки десятинна – від 0,1 виб/с до 100 000 виб/с чи класична – від 0,1 виб/с до 96 000 виб/с;

– полоса пропускання – 38 кГц;

– ідентифікація датчика –TEDS, IEEE 1451,4, максимальна відстань до модуля TEDS – до 100 м;

– підключення датчиків – D-SUB-15HD;

– діапазон напруги живлення від 10 В до 30 В;

– споживча потужність без регулювання живлення датчика менше 6 Вт, з регулювання живлення датчика менше 9 Вт;

– Ethernet – 10Base-T/100Base-TX, протокол – TCP/IP з адресацією прямої IP адреси чи DHCP, підключення витою парою CAT-5 через роз'єм 8P8C (RJ-45), максимальна довжина кабелю до модуля – до 100 м;

– клас захисту – III;

– клас точності – 0,01.

Підключення датчиків:

входи RS485 – датчики крутного моменту, датчики положення, джерела частотного сигналу;

вхід змінної напруги – пасивні індуктивні датчики швидкості, джерела частотного сигналу [1].

Блок мостового підсилювача MX1615B-R зображений на рисунку 2.



Рис.2. Зображення MX1615B-R мостовий підсилювач серії QUANTUMX

MX1615B-R – це надійний мостовий підсилювач, він забезпечує:

– 16 входів з індивідуальною конфігурацією;

– можливість підключення тензодатчиків;

– живлення моста здійснюється постійним струмом або несучою частотою;

– вбудовані калібрувальні резистори, які керуються програмно;

– підключення напруги – 60 В для PT100, резистора, потенціометра;

– швидкість обміну даними – до 20000 виб/с на канал;

– підтримка TEDS;

– можливість використання у несприятливих умовах навколишнього середовища.

Технічні характеристики блоку:

– 16 входів які ізольовані від джерела живлення;

– перетворювачі:

тензодатчики з мостовою, ½- та ¼-мостовими схемами включення;

живлення моста здійснюється постійним струмом або несучою частотою (AC/CF, 1200 Гц);

резистор, терморезистор опором PT100 з включенням у 4-проводну схему;

потенціометричні датчики;

робоча напруга ± 60 В;

– АЦП 24-бит, дельта-сигма;

– швидкість передачі даних – десятина – від 0,1 виб/с до 20000 виб/с, класична – від 0,1 виб/с до 19200 виб/с;

– роз'єм для підключення перетворювачів – ODU MINI-SNAP;

– діапазон напруги живлення від 10 В до 30 В;

– споживча потужність менше 9 Вт;

– Ethernet – 10Base-T/100Base-TX, протокол – TCP/IP, адресація за прямою IP адресою чи DHCP, підключення – через роз'єм ODU MINI-SNAP 8-контактний, максимальна довжина кабелю до модуля – до 100 м;

– номінальний температурний діапазон – від мінус 40 до +80 °С;

– клас захисту – III;

– ступінь захисту IP65/67;

– вимоги до ЄМС у відповідності до EN 61326-1.

Реєстратор даних CX22B-W/CX22B серії QUANTUMX зображений на рисунку 3.



Рис.3. Зображення реєстратора даних CX22B-W/CX22B серії QUANTUMX

CX22B-W/CX22B реєстратор даних забезпечує:

– автономний збір даних;

– підключення модулів QUANTUMX, GPS, камер, сенсорного екрана;

– просте налаштування системи: синхронізація, обчислення, віртуальні канали, аналіз сигналів;

– різні інтерфейси підключення: LAN, WLAN ,USB, цифровий ввід/вихід;

– підключення сенсорного екрана DVI;

– напруга живлення – від 10 В до 30 В.

Технічні характеристики:

– взаємодіючі пристрої: модулі QUANTUMX і SOMATXR, датчики GPS, шина CAN, датчики сили для автомобільних коліс;

– периферійні пристрої: USB-накопичувач, клавіатура и миша, відеокамери, сенсорні екрани, безпровідний роутер типу LTE, UMTS, EDGE, принтер;

– максимальна кількість сигналів – до 1000;

– режим запису стандартний – catman® BIN.

Збереження інформації:

внутрішній SSD 32 ГБ накопичувач;

змінний CFast 2.0 8 ГБ накопичувач;

USB-накопичувач;

зовнішній диск USB 2.0 и 3.0.

Відображення в режимі он-лайн за допомогою дисплея та контроль рівнів у повноекранному режимі.

Загальні характеристики:

– операційна система – Windows Embedded 8;

– процесор – Intel® Atom, E3845 Quad Core, 1,9 ГГц;

ISSN 2706-7386

– внутрішня пам’ять – SLC-SSD 32 ГБ;
– інтерфейси:
2 x Gigabit Ethernet;
2 x FireWire;
1 x роз’єм для встановлення панелі BPX;
1 x USB 3.0;
2 x USB 2.0;
1 x RS232;
1 x DVI-D;
3 x Digital In и 3 x Digital Out.
– напруга живлення – від 10 В до 30 В;
– споживча потужність – менше 20 Вт;
– клас захисту – III;
– ступінь захисту – IP20;
– робочий діапазон температур – від мінус 20 °С до +65 °С.
Модуль для виміру імпульсів та частоти MX460B зображений на рисунку 4.



Рис.4 Модуль для виміру імпульсів та частоти MX460B

Модуль для виміру імпульсів та частоти MX460B призначений для:
– конфігурації чотирьох ізольованих входів;
– обробки цифрових сигналів частотою до 1 МГц для вимірювання швидкості, крутного моменту, кута, положення, зміщення та ШІМ;
– висока роздільна здатність і динамічність;
– аналіз обертових коливань та виявлення диференціального кута;
– підтримка TEDS;
– напруга живлення для активних перетворювачів – від 5 В до 24 В.
Технічні характеристики:
– 4 входи ізольованих один від одного;
– цифрові імпульси та частоти:
лічильники;
датчики обертового моменту;
кодові;
датчики кута повороту ;
датчики, що кодуються;
ШІМ;
– частота вибірки десятина – від 0,1 виб/с до 100 000 виб/с; класична – від 0,1 виб/с до 96000 виб/с;
– напруга живлення – від 10 В до 30 В;
– споживча потужність – менше 6 Вт;
– живлення датчиків – від 5 В до 24 В;
– Ethernet – 10Base-T/100Base-TX, протокол – TCP/IP, роз’єм для підключення вітою парою CAT-5 – 8P8C (RJ-45) з максимальною довжиною кабелю до модуля – до 100 м;

– номінальний діапазон температур – від мінус 20 °С до +65 °С;
– відносна вологість – від 5 %до 95 %;
– клас захисту – III;
– ступінь захисту – IP20;
– клас точності – 0,01.

Для конфігурації системи збору даних, каналів та сигналів, створення індивідуальних панелей для візуалізації сигналів, збереження даних у різних форматах BIN, Excel, ASCII, DIAdem, MATLAB, MDF та графічний аналіз збереження результатів вимірювань з опцією експорту графічних даних використовується спеціальне програмне забезпечення Catman AP (Рис.5).



Рис.5. Програмне забезпечення Catman AP

Комплект програмного забезпечення Catman AP складається з модулів:

– Catman EASY – базовий пакет для запису вимірювальних і віртуальних каналів, візуалізація та збереження результатів вимірювання в базу даних датчиків і TEDS;

– EasyRoadload з драйверами Ethernet для інтеграції датчиків вимірювання коліс KistlerRoaDyn, EasyVideocam, географічних карт, імпорту списку параметрів каналу з Microsoft Excel;

– EasyMonitoring включає в себе FTP/SFTP клієнт для паралельного запису даних, а також push – повідомлення;

– EasyVideocam – для інтеграції до 4 відеокамер типу Windows DirectShow, USB/Ethernet/FireWire;

– EasyPlan – для підготовчої параметризації та конфігурації без підключення підсилювача з використанням Microsoft EXCEL;

– EasyScript – на базі стандарту VBA (Visual Basic for Applications), який дозволяє користувачу створювати власні невеликі програми для специфічних вимірювальних задач;

– EasyMath – для математичних розрахунків та перетворення результатів вимірів.

Програмне забезпечення Catman AP призначено для вирішення наступних завдань:

– конфігурації вимірювальних каналів та каналів зв’язку;

– налаштування під час вимірювань та випробувань каналів, частоти дискретизації, здійснення пуску, взаємодії, написання коментарів;

– створення віртуальних каналів з розрахунками у режимі реального часу (алгебраїчні операції, БПФ, логічні операції, аналіз розетки тензодатчиків, диференціювання, інтегрування і т. п.);

– встановлення граничних значень чи контроль дій (активація цифрового виходу, акустичний сигнал, запис у журналі), допоміжні повідомлення;

– графічне відображення, запис ліній, вимірювання аналогових сигналів, індикатор цифрових графіків та гістограм, таблиць, двомірний частотний спектр, географічні карти, світлодіодний індикатор і т. п.;

– візуалізація сигналів на базі часу, частоти та кута;

– різні можливості збереження;

– максимальна пропускна здатність – 12 млн. вибірок в секунду чи 100 Мбит/с;

ISSN 2706-7386

– перетворення результатів вимірювання в різні формати використовуючи catman BIN, Excel, ASCII, MDF, MAT, DIADEM, UFF;

– графічний аналіз записаних даних, очистка даних, перетворення даних в інші формати;

– автоматичні вимірювальні послідовності (AutoSequence и EasyScript);

– створення доповідей (графічне відображення, аналіз, коментарі) [3, 4].

У таблиці 1 наведено варіант комплектації системи параметричної інформації основним обладнанням для вимірювання ОВТ різного функціонального призначення під час проведення випробувань.

Таблиця 1

Варіант комплектації системи параметричної інформації основним обладнанням

№ з\п	Вид	Найменування	Кількість
1		Вимірювальний підсилювач MX840B-R	2
2		Вимірювальний підсилювач MX1615B-R	8
3		Вимірювальний підсилювач MX460B-R	1
4		Реєстратор даних CX22-R-W	1
5		Програмне забезпечення Catman AP	1

Варіант комплектації сучасної універсальної модульної вимірювальної системи серії QUANTUMX, який наведено в таблиці 1 є найбільш оптимальним з точки зору повноти реалізації вимірювальних каналів. Наведена вище комплектація може нарощуватись з метою розширення функціональних можливостей у процесі подальшої експлуатації.

Стійкість комплектуючих сучасної універсальної модульної вимірювальної системи серії QUANTUMX до впливу зовнішніх механічних та кліматичних факторів дозволяє її безпечне використання в екстремальних умовах, безпосередньо на зразках ОВТ під час випробувань та досліджень.

Висновки.

Таким чином, аналіз технічних характеристик та особливості сучасної модульної УВС, яка побудована за принципом системи QUANTUMX показав, що:

1. Використання цієї системи цілком можливо для проведення вимірювань інформаційних параметрів ОВТ Сухопутних військ різного функціонального призначення та

дозволить спростити та автоматизувати процес виконання вимірів, знизити кількість помилок до мінімуму та в свою чергу скоротити час на проведення випробувань.

2. УВС, яка побудована за модульним принципом є універсальною та дозволить здійснити вимірювання при проведенні випробувань у системах різного функціонального призначення, насамперед цифрових (статичних, динамічних характеристик об'єктів, температури, тиску, вібрацій, перевантажень та інших показників).

3. Використання УВС типу QUANTUMX дозволить скоротити час на оцінку параметрів дослідних зразків під час випробувань ОВТ різного функціонального призначення та прийняття їх на озброєння (постачання) Збройних Сил України [5].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Керівництво з експлуатації QUANTUMX /A3031-15.0 7-2002.3031 HBM [Електроний ресурс]. – Режим доступу: hbm.com. – дата звернення: 16.08.2021.

2. Ипполитов С.В. Методы и способы объективного контроля: учебное пособие; под. ред. С.В. Ипполитов / С.В. Ипполитов, В.Л. Кучевский, В.Т. Юдин. – Воронеж: ВВАИУ, 2011. – 382 С.

3. Opereting manual catman data recorder / A4722-1.0 HBM:publi. – Режим доступу: hbm.com. – дата звернення: 16.08.2021.

4. Quick Start Guide Catman / A01235_15_Y00_00 HBM: publi. – Режим доступу: hbm.com/contact/worldwide. – дата звернення: 16.08.2021.

5. Андрушко М.В. Вивчення можливостей використання сучасних універсальних бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючих систем іноземного виробництва для випробування озброєння та військової техніки різного функціонального призначення. / М.В. Андрушко, І.В. Шейн // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2020. – Вип. № 3. – С. 4–9.

6. Шейн І.В. Вивчення можливостей інтегрування бортових комплексів захисту до складу перспективного комплексу бортового обладнання повітряного судна за допомогою мультиплекс них систем управління та контролю інформаційним обміном / І.В. Шейн, К.В. Андрєєв, О.В. Самойленко // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019, Вип. № 1(1) – С. 167–172.

7. Шейн І.В. Вивчення варіантів використання бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючи систем під час випробування ОВТ різного функціонального призначення /І.В. Шейн, М.В. Андрушко// Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019, Вип. № 2(2) – С. 166 - 170.

Тертишнік Євген Михайлович
науковий співробітник Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3356-7639
+38093-327-52-68

Evgen Tertushnik
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3356-7639
+38093-327-52-68

Шейн Ігор Владиславович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4640-0205
+380974628138

Ihor Shein
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4640-0205
+380974628138

Потапов Олександр Іванович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-8128-1876
+38093-063-31-44

Oleksandr Potapov
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-8128-1876
+38093-063-31-44

Сокоринська Наталія Василівна
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-9713-7289
+38097-158-03-12

Nataliia Sokorynska
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-9713-7289
+38097-158-03-12

Ратушний Сергій Васильович
провідний інженер–випробучач Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1567-0501
e-mail: inshutar@ukr.net

Sergei Ratushny
Leading test Engineer State research test centre Armed Fors of Ukraine,
Chernigov, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1567-0501
e-mail: inshutar@ukr.net

ANALYSIS OF POSSIBILITY FOR USING A MODERN UNIVERSAL MODULAR MEASURING SYSTEM OF QUANTUMX SERIES FOR TESTS OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT OF VARIOUS FUNCTIONAL PURPOSES

Y Tertyshnik, I Shein, O Potapov, N Sokorynska and S Ratushny

The article examines the possibility for using a modern universal modular measuring system of QUANTUMX series for testing equipment for various functional purposes.

The research was conducted by the method of system analysis of technical characteristics of the system.

The purpose of the research was to study the technical characteristics, principles of construction of a modern universal modular measuring system of QUANTUMX series of foreign production, its ability to register the necessary parameters of equipment systems for various functional purposes, the possibility of its application in testing.

Analysis of technical characteristics and particularities of the use of modern universal modular measuring system during testing of equipment showed that:

modern measuring system can be used to measure the parameters of equipment of domestic and foreign production, which will make easier and automate the process of measurement as well as minimize the number of errors that occur during their implementation;

measuring system, based on the principle of QUANTUMX is universal. It will ensure a proper measurement process in the course of testing equipment and its components. It will also make possible to measure parameters in systems of different functional purposes (static and dynamic characteristics of objects, temperature, pressure, vibration, overload and other indicators);

usage the capabilities of the measuring system will reduce the time to decide on the feasibility of supplying new (upgraded) models of equipment of the Armed Forces and extend the service life of existing samples.

The results of the work should be used in the study of the possibility of laboratory measuring instrumentation acquisition for equipment testing by research institutions and industrial enterprises.

***Keywords**: universal modular measuring system.*

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 355/359 (477) DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.15

Трофименко С.І., ГеращенкоМ.М., Рудніченко С.В., Соболєв В.В., Ільєнко В.М. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

УНІВЕРСАЛЬНА ПЛАТФОРМА-ТРАНСФОРМЕР ЕВАКУАЦІЇ ПОРАНЕНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ НАЗЕМНИХ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ

У статті наведено опис універсальної платформи-трансформера евакуації поранених за допомогою безпілотних наземних дистанційно-керованих комплексів та описано спосіб евакуації пораненого.

Ключові слова: *наземні роботизовані комплекси, модулі військово-медичного навантаження, евакуація поранених, засоби евакуації.*

Постановка проблеми.

Останнім часом в Україні особливої актуальності набуває створення наземних роботизованих комплексів, зокрема, створення дистанційно керованих механізмів, здатних виконувати певні операції, спрямовані на конкретні дії. Так відповідно до Концепції застосування наземних роботизованих комплексів для виконання завдань Збройних Сил України на період до 2020 року та на подальшу перспективу Генеральним штабом Збройних Сил України розроблені та затверджені заступником Міністра оборони України оперативно-тактичні вимоги до наступних зразків наземних роботизованих комплексів [1]: інженерного; комплексу радіаційної, хімічної, біологічної розвідки; розвідувального; бойового розвідувально-вогневого; тилового наземного; протитанкового комплексу; багатоцільової роботизованої платформи.

Проблемним питанням є те, що на відміну від зарубіжних країн у нашій країні жодних робіт у напрямку створення медичних робототехнічних засобів військового призначення не ведеться, хоча бойові дії на сході України і досі спричиняють велику кількість травмувань та поранень. Для військовослужбовців, що отримали поранення під час збройного протистояння вкрай важливо якнайшвидше залишити поле бою та отримати медичну допомогу. Цим займаються військові медичні працівники, які наражаючи себе на небезпеку й досі проводять евакуацію поранених. Це дуже небезпечна робота, але на жаль жодних інших варіантів не існує [2–4].

Одним із можливих напрямків вирішення даної проблеми може стати використання універсальної платформи-трансформер евакуації поранених (УПТЕП), за допомогою безпілотних наземних дистанційно-керованих комплексів, що дозволить вирішити основні проблеми, що виникають, а саме:

– не наражати на небезпеку при евакуації поранених з поля бою військових медиків або інших військовослужбовців;

– буде підходити до всіх класів наземних роботизованих комплексів;

– за лічені секунди мати можливість трансформуватися з похідного положення у положення виконання завдання за призначенням;

– у складеному стані займати невеликий об’єм місця;

– мати можливість доставити необхідні медичні засоби порятунку безпосередньо в небезпечну зону;

– мати низьку ціну виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У Концепції застосування наземних роботизованих комплексів (НРК) для виконання завдань Збройних Сил України приведено перелік основних оперативно-тактичних вимог до НРК [1].

© Трофименко С.І., ГеращенкоМ.М., Рудніченко С.В., Соболєв В.В., Ільєнко В.М. 2022

ISSN 2706-7386

У статті "Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов" представлено огляд тенденцій у розвитку медичних роботів, що з'являються у світі, як нового напрямку в медичному приладобудуванні та застосуванні медичних роботів [2].

У статті "Формирование системы связи и передачи данных для управления перспективным семейством медицинских робототехнических комплексов военного назначения" проаналізовано загальні принципи та закономірності формування системи зв'язку та передачі даних для управління медичними робототехнічними комплексами військового призначення. Наведено пропозиції щодо створення повітряних та наземних робототехнічних комплексів, призначених для пошуку та евакуації поранених [3].

У статті "Разработка предложений по классификации медицинских робототехнических комплексов военного назначения" приведено варіант класифікації медичних робототехнічних комплексів військового призначення, що застосовуються для виконання заходів медичного забезпечення особового складу військ під час бойових дій [4].

Мета статті. У статті розглянута УПТЕП, що за допомогою наземних роботизованих комплексів може бути використана як альтернатива не існуючим в Збройних Силах України медичним наземним роботизованим комплексам евакуації пораненого особового складу з обмеженими можливостями в русі.

Виклад основного матеріалу. УПТЕП відноситься до галузі медицини і може бути використано для транспортування хворих і поранених людей з обмеженими можливостями в русі.

Запропонована УПТЕП належить до галузі військової техніки, а саме до засобів евакуації поранених за допомогою наземних безпілотних дистанційно-керованих комплексів і може бути використана як для скритної евакуації пораненого, який не здатен пересуватися самостійно з лінії зіткнення (основна функція), так і як логістична платформа (додаткова функції) доставки військового вантажу передовим підрозділам в умовах ведення бойових дій з дистанційним задіянням особового складу.

УПТЕП за допомогою безпілотних наземних дистанційно-керованих комплексів, що проєктуються для Збройних Сил України (Рис.1), складається з щита (1) у формі прямокутника, зібраного з окремих пластин (порожнистих планок), та зовнішнього шару зі спіненого полімеру, які мають можливість складатися (скручуватися) у похідний (складений) стан, ременів фіксації постраждалого (4), тросів кріплення щита у похідному стані на дистанційно-керованому комплексі (3), двох електромеханічних пристроїв кріплення (вивільнення) тросів (6), троса транспортування платформи (2).

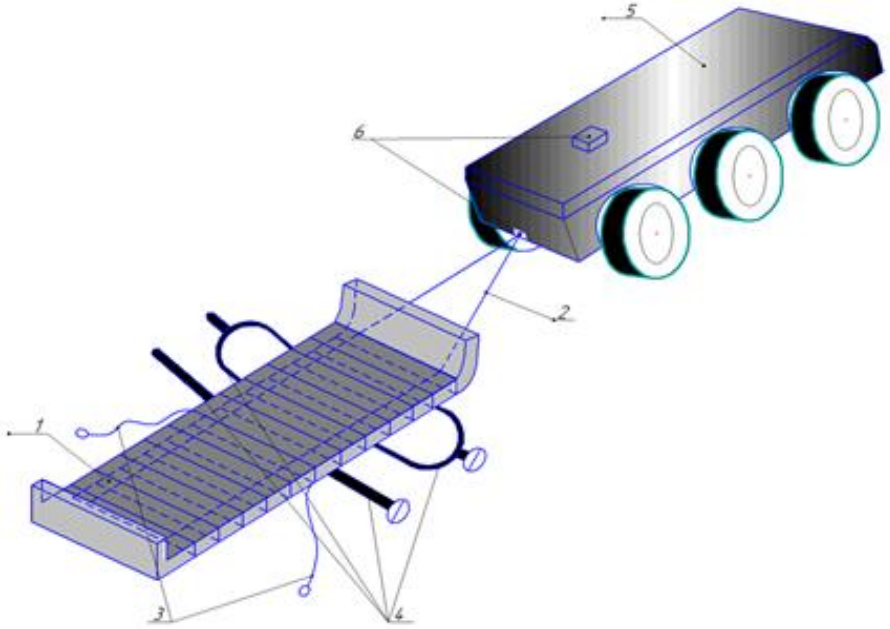


Рис.1. Платформа у готовності до застосування (розгорненому стані)

Щит (Рис.1), що пропонується, являє собою двошарову конструкцію, верхній шар якої довжиною 1950 – 2000 мм та шириною 650–700 мм являє собою робочу поверхню зі спіненого полімеру (7) товщиною 10–15 мм, нижній шар (Рис.2), створений з порожнистих всередині поздовжніх планок (8) довжиною 150–200 мм та шириною 650–700 мм, виконаних з алюмінієвого сплаву товщиною 30–40 мм, що по боках мають технологічні виступи та пази за допомогою яких відбувається з'єднання між собою з використанням троса транспортування платформи (2), що проходить через отвори у планках. Особливість конструкції поздовжніх планок (8) дозволяє створювати позитивне ковзання на будь якій поверхні.

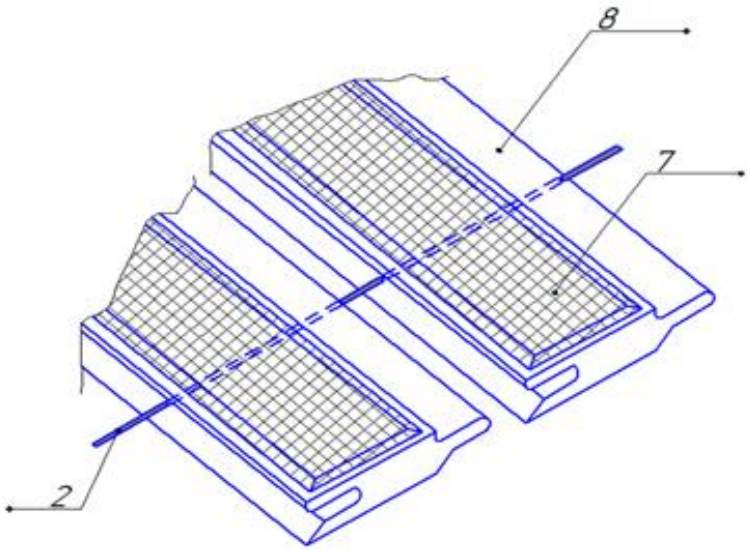


Рис.2. Поздовжні планки з поверхнею зі спіненого полімеру

Перша та остання планка щита мають Г-подібну форму, що полегшує транспортування платформи по пересіченій місцевості та повздовжню фіксацію постраждалого.

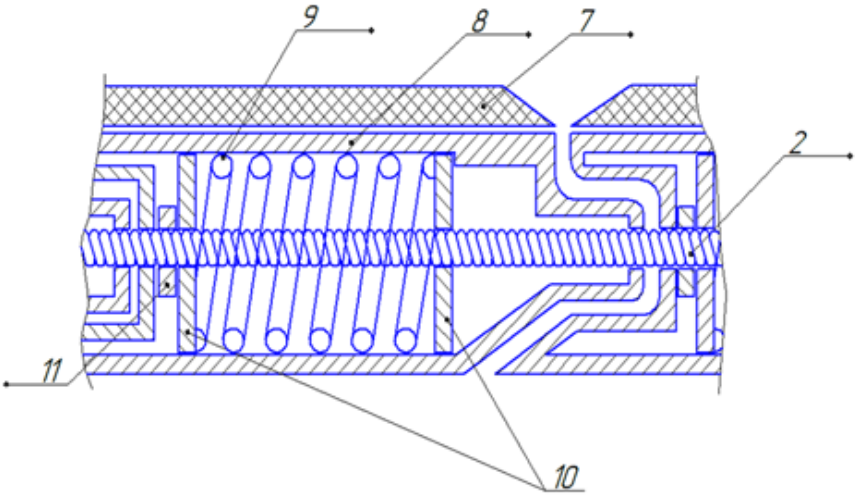


Рис.3. Положення деталей повздовжньої планки у розгорненому положенні

У середині кожної планки (8) з правого та лівого боку в місцях отворів проходження тросів (Рис.3) виконані металеві пружини (9), у середині яких проходить трос транспортування платформи (2), що кріпиться у двох місцях на останній планці щита Г-подібної форми. На початку та кінці металеві пружини фіксуються опорними шайбами

ISSN 2706-7386

(10), у кінці другої опорної шайби розташовано стопорне кільце (11), що фіксується на тросі транспортування платформи (2).

Положення деталей та механізмів платформи в похідному (складеному) стані на дистанційно-керованому комплексі (Рис.4).

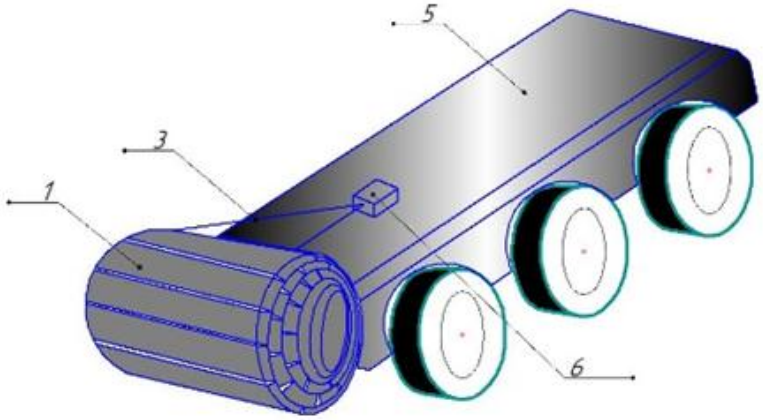


Рис.4. Положення деталей та механізмів платформи в похідному (складеному) положенні на дистанційно-керованому комплексі

Щит (1) (Рис.4) у згорненому стані кріпиться позаду дистанційно-керованого комплексу (5) за допомогою тросів кріплення щита (3), що фіксуються верхнім електро-механічним пристроєм (вивільнення) тросів (6), при цьому технологічний виступ однієї планки виходить із пазу іншої, що їй передує (Рис.5), стопорне кільце (11), що фіксується на тросі транспортування платформи (2) тисне на опорну шайбу (10), що у свою чергу стискає пружину (7), яка тисне на другу опорну шайбу (10) котра упирається у технологічний виступ планки.

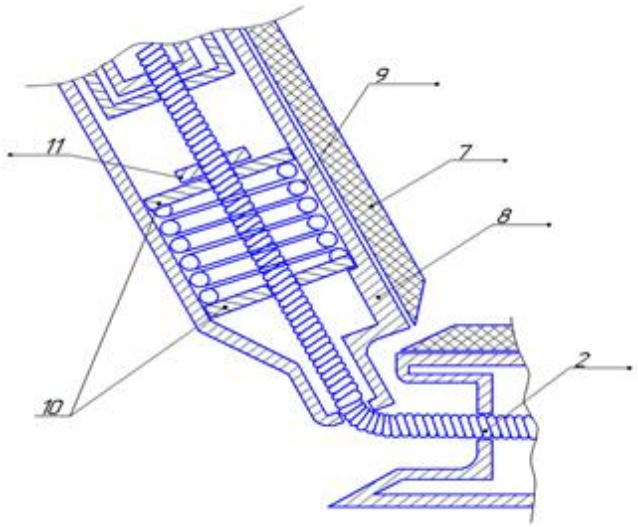


Рис.5. Положення деталей повздовжньої планки у похідному положенні

Положення та принцип дії деталей платформи при переводі її з похідного положення у положення готовності до застосування (розгорнутий стан).

Верхній електро-механічний пристрій (вивільнення) тросів (6) (Рис.6) вивільняє троси кріплення щита (3), пружина (9) (Рис.5), що перебувала у стиснутому положенні, повністю розпрямляється і приводить у рух другу опорну шайбу (10), яка у свою чергу тисне на стопорне кільце (11), що фіксується на тросі транспортування щита (2), котрий відходить у крайнє заднє положення, при цьому технологічний виступ однієї планки (8) входить у паз іншої, що їй передує, і за рахунок чого забезпечується розгортання щита.

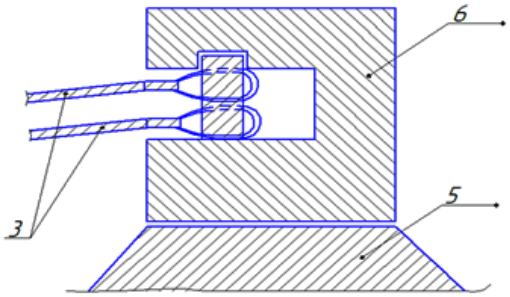


Рис.6. Електро-механічний пристрій кріплення (вивільнення) тросів транспортування платформи

Спосіб евакуації пораненого полягає в тому, що за допомогою універсальної платформи-трансформер, котра може кріпитися до всіх наземних безпілотних дистанційно-керованих комплексів, проводиться евакуація постраждалого, що не здатен пересуватися самостійно, потерпілому досить перекотитися (переміститися) на щит і закріпитися ременями фіксації постраждалого (4) (Рис.1), що дозволяють зафіксувати тіло постраждалого або пораненого в залежності від довжини тіла. Ремені фіксації (4) дозволяють міцно зафіксувати плечі та тіло в попереку. Фіксація відбувається за допомогою пластикових застібок-фастекс для строп. Після чого оператор дистанційно-керованого комплексу здійснить його евакуацію у небезпечну зону для подальшого транспортування до лікувального закладу.

Конструкція платформи виконана універсальною (може встановлюватись на всі наземні безпілотні дистанційно-керовані комплекси, що проєктуються для Збройних Сил України), малогабаритною, зручною і практичною для евакуації постраждалого, що не здатен пересуватися самостійно з лінії зіткнення в умовах ведення бойових дій, яким необхідно термінове медичне втручання, а час для евакуації обмежений.

Висновки

Таким чином, підсумовуючи вищезазначене, розглянута в статті універсальна платформа-трансформер евакуації поранених за допомогою наземних роботизованих комплексів може бути використана при наданні допомоги постраждалим у надзвичайних ситуаціях.

На розглянуту УПТЕП за допомогою наземних роботизованих комплексів отримано рішення Державного підприємства “Український інститут інтелектуальної власності” (Укрпатент) про державну реєстрацію корисної моделі за результатами формальної експертизи від 02.10.2021 року.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепція застосування наземних роботизованих комплексів для виконання завдань Збройних Сил України на період до 2020 року та подальші перспектив: наказ начальника Генерального штабу Збройних Сил України від 3 травня 2016 року № 177.

2. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://medphyslab.com/images/publications/stat_robots_01_r.pdf.

3. Формирование системы связи и передачи данных для управления перспективным семейством медицинских робототехнических комплексов военного назначения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elibrary.ru/item.asp?id=37710971.

4. Разработка предложений по классификации медицинских робототехнических комплексов военного назначения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elibrary.ru/item.asp?id=29431000.

ISSN 2706-7386

5. Патент України на корисну модель UA61G1/00. Універсальна платформа-трансформер для евакуації поранених за допомогою безпілотних наземних дистанційно-керованих комплексів / С.І. Трофименко, М.М. Геращенко, М.О. Солодчук, С.В. Рудніченко, В.В. Соболєв, В.В. Рагулін, С.В. Козак, А.М. Лось. – №u202104324; заява 26.07.2021; опубл. 08.12.2021.

Трофименко Сергій Іванович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3582-9279
+380(98)-537-23-05

Геращенко Максим Михайлович
начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1882-3008
+38093-782-85-28

Рудніченко Сергій Володимирович
провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-1982-3107
+38063-767-97-92

Соболєв Василь Васильович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-5996-6422
+380(93)-600-25-13

Ільєнко Володимир Миколайович
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3582-9279
+380(98)-537-23-05

Serhii Trofymenko
Senior research of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testingand Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3582-9279
+380(98)-537-23-05

Maksym Herashchenko
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1882-3008
+38093-782-85-28

Serhii Rudnichenko
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1982-3107
+38063-767-97-92

Vasyl Soboliev
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org//0000-0001-5996-6422
+380(93)-600-25-13

Volodymyr Ilienko
Senior research of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3582-9279
+380(98)-537-23-05

A UNIVERSAL TRANSFORMING PLATFORM FOR EVACUATING WOUNDED USING GROUND UNMANNED REMOTELY CONTROLLED COMPLEXES

S Trofymenko, M Herashchenko, S Rudnichenko, V Soboliev and V Ilienko

The paper describes the invention of a universal transforming platform for evacuating wounded using ground unmanned remotely controlled complexes and explains a method for evacuating the wounded.

A universal transforming platform for evacuating wounded using ground unmanned remotely controlled complexes contains a shield, which is a two-layer structure, the upper layer of which is made of foamed polymer, and the lower layer is made of aluminum alloy long cleats (hollow inside), two electromechanical devices for fastening (releasing) wire ropes, a platform transportation wire rope, platform fastening cables in a travelling position on a remote-controlled complex, victim fixation belts.

The method of hidden evacuation of the wounded consists in using a universal transforming platform that can be attached to all ground unmanned remotely controlled complexes. The victim who is not able to move independently from the forward edge of battle area is evacuated without exposing danger to personnel. This method allows to save the lives of both the wounded and medical personnel, who are still carrying out the evacuation of the wounded at the risk of their own lives.

***Keywords**: ground unmanned remotely controlled complexes, evacuation of the wounded, evacuation means.*

ISSN 2706-7386

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

Статті, які подаються до редакції Збірника, повинні бути оформлені належним чином, якісно відредагованими та відповідати вимогам фахових публікацій і профілю збірника, які не було відправлено до інших редакцій та не опубліковано раніше в інших виданнях.

Рецензування здійснюється за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів (подвійне сліпе рецензування). Термін рецензування складає не більше 6–8 тижнів.

У редакцію подаються:

два друковані примірники статті українською або англійською мовами загальним обсягом 5–15 сторінок (у тому числі список літератури, таблиці, рисунки), з однієї сторони (один із примірників на звороті останнього аркушу статті підписується авторами наукової праці);

акт експертизи щодо можливості використання цих матеріалів у відкритому виданні;

витяг з протоколу засідання науково-технічної ради установи (підрозділу), яким рекомендовано статтю до друку;

Разом зі статтею та вказаними документами (упакованими у прозорому файлі) технічному секретарю Збірника подається електронна версія статті [**Dmytriiev.doc**].

Порядок оформлення електронної версії статті.

Текст статті оформляється в такому порядку:

1. Індекс **УДК**, без абзацного відступу, вирівняно по лівому краю.
Порожній рядок.

2. Прізвище та ініціали авторів (розмір – 12 рі, шрифт – *курсив*, **напівжирний**), назва установ(и).
Порожній рядок.

3. НАЗВА СТАТТІ (розмір – 12 рі, ПРОПИСНІ літери **напівжирним** шрифтом), без абзацного відступу, вирівняна по центру.
Порожній рядок.

4. Анотація мовою основного тексту статті повинна коротко відображати структуру статті, бути інформативною і дозволяти читачу розуміти, чи варто йому читати повний текст статті (розмір – 10 рі, шрифт – *курсив*), без слова “анотація”, вирівняно по ширині тексту.
Порожній рядок.

5. Ключові слова та (або) словосполучення, розпочинається словосполученням “***Ключові слова:***” (розмір – 10 рі, шрифт – *курсив*) вирівняно по ширині тексту.
Порожній рядок.

6. Основний текст статті, абзацний відступ 1,25 см, вирівняно по ширині тексту.
Текст статті повинен містити:
постановку проблеми;
актуальність дослідження;
зв’язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями;
аналіз останніх досліджень і публікацій;

виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття;

мета статті;

викладення основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;

головні висновки, приклади та перспективи використання результатів дослідження.

Одиниці фізичних величин, які використовуються у публікації, повинні відповідати системі СІ.

Стаття оформляється у текстовому редакторі Microsoft Word чи послідуючих версіях (шрифт – Times New Roman, розмір – 12 рі, одинарний інтервал).

Параметри сторінки – формат А4 (210 мм Х 297 мм). Поля: зверху, знизу, справа – 1,5 см, зліва – 2,5 см. Сторінки не нумеруються. Не допускається використовувати переноси слів; розривів сторінок, розділів.

Формули розміщуються в окремому рядку у таблиці без обрамлення, вирівняної по центру, без абзацного відступу. Для набору формули використовувати вбудований у Word редактор формул MathType.

Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті.

Інші нумерувати не рекомендується. Формули нумеруються послідовно арабськими цифрами в круглих дужках у другому стовпчику таблиці (без абзацного відступу, вирівняно по правому краю, з центруванням по висоті стовпчика). Додаткові порожні рядки перед і після формул не робляться.

Таблиці повинні готуватися з використанням відповідного інструмента в редакторі Word, представлені одним блоком, не розмічені для переносу. Таблиці нумеруються послідовно арабськими цифрами. Зверху вони повинні мати короткий заголовок, який складається зі слова “Таблиця ...” з її порядковим номером (в окремому рядку, без абзацного відступу, вирівняно по-правому краю) та назви таблиці (в окремому рядку, без абзацного відступу, вирівняно по центру). Примітки до таблиці даються тільки в тексті статті. Не доцільно використовувати вертикальні надписи у стовпчиках.

Рисунки до статті створюються у редакторі Word або вставляються в текст статті з використанням зображень (з роздільною здатністю не менш 300 dpi), файли із зображенням [**Dmytriiev_1.JPG**] обов’язково надаються до редакції разом з електронною версією статті. Рисунки підписуються знизу (в окремому рядку, без абзацного відступу, вирівняно по центру), позначають словом “Рис.”, з його порядковим номером (нумеруються послідовно арабськими цифрами) та вказують назву (пояснювальний підпис) рисунку (наприклад: Рис.1. Структурна схема імітатора датчика).

При написанні статті необхідно вказувати посилання на джерела, матеріали або окремі результати, які наводяться в тексті статті. Посилання в тексті статті на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, “… у працях [1–7]…”.

Порожній рядок.

7. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ (ПРОПИСНІ літери **напівжирним** шрифтом), без абзацного відступу, вирівняно по центру.

З нового рядку приводиться порядковий номер та бібліографічний опис джерела цитованої літератури за порядком посилання у тексті статті (абзацний виступ – 0,63 см, вирівнювання по ширині тексту). Кожне джерело друкується в окремому рядку.

Порожній рядок.

ISSN 2706-7386

8. Відомості про авторів: прізвище, ім'я та по батькові; науковий ступінь, вчене звання, посада; назва установи, де працює автор, її місце розташування (місто, країна); обліковий запис автора ORCID (повинен відображати назву установи, де працює автор, та його наукові публікації), номер телефону (бажано). Наприклад:

Дмитрієв Володимир Анатолійович
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, член-кореспондент Академії технологічних наук України, заступник начальника інституту з наукової роботи Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-0792-6397
+38-095-462-56-37

Volodymyr Dmytriiev
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, The Laureate of State Prize of Ukraine in the sphere of science and technology, Corresponding member of ATS Ukraine, Deputy Chief of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification (on Research), Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-0792-6397
+38-095-462-56-37

Порожній рядок.

9. Анотації до статті виконуються українською або англійською мовою (розмір – 10 pt), повинні мати обсяг не менше, ніж 6 рядків та розкривати:

– предмет, тему та мету роботи;
– метод (методи) або методологію проведення досліджень;
– результати досліджень;
– висновки та область застосування результатів досліджень.

Якщо основною мовою статті є українська, то анотація англійською мовою повинна бути розширеною та мати загальний обсяг не менше, ніж 1800 знаків, включаючи ключові слова.

Якщо основною мовою статті є англійська, то анотація українською мовою повинна бути розширеною та мати загальний обсяг не менше, ніж 1800 знаків, включаючи ключові слова.

Складається з: **НАЗВА СТАТТІ,** абзац, **прізвище та ініціали авторів (напівжирний,** без абзацного відступу, вирівняна по центру), **текст** (абзацний відступ 1,25 см, вирівняно по ширині тексту).

ВАЖЛИВО!

Відповідальність за достовірність викладених матеріалів, фактів, цитат та інших відомостей несе автор.

Унікальність текстів публікацій перевіряється за допомогою системи пошуку ознак плагіату Unicheck.

Редакція залишає за собою право вносити правки до тексту публікацій, редагувати формули, таблиці і рисунки.

Редакція розглядає надходження публікації та супровідних документів у паперовому або електронному вигляді як згоду дописувача(ів) щодо передачі авторського права на використання твору (тиражування, розповсюдження, тощо).

Матеріали надсилаються: вул. Стрілецька, 1, м. Чернігів, Україна, 14033, niv_dndi@ukr.net

ISSN 2706-7386

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Chupryna V.M. **4**

Dmytriiev V.A. **4**

Акимов О.О. **29**

Балабуха О.С. **47**
Башинський В.Г. **105**
Борта Р.М. **23**
Борщ В.В. **13**
Бояров В.Т. **29**
Брайко В.В. **55**
Бровко М.Б. **116**

Вервейко О.І. **13**
Ветошкін О.Г. **23, 38**

Гарнець Д.П. **96**
Геращенко М.М. **136**
Голуб В.М. **29**

Джігірей В.О. **116**
Доманов І.О. **85**

Єрмоленко О.В. **23, 38**

Жданюк М.М. **29**
Живець Ю.М. **38**

Звигляних С.М. **47**

Ільєнко В.М. **136**
Ісаченко О.О. **105**

Казначей С.М. **66, 85**
Каплюк О.М. **55**
Кірдей Л.М. **55**
Коломієць В.В. **96**
Коломійцев О.В. **47, 116**
Корнієнко І.В. **66**
Корнієнко С.П. **66**
Кохан В.В. **78**
Коцюруба В.І. **23**
Кравченко В.С. **85**

Лайське Є.В. **78**
Лернатович А.М. **78**
Макаров С.М. **96**
Місценко Р.В. **96**

Нікітченко В.І. **55**

Опенько П.В. **47**
Орлов С.В. **47**

Потапов О.І. **127**
Походенко О.М. **96**

Рагулін В.В. **105**
Ратушний С.В. **127**
Рашевський Є.Ю. **78**
Руденко О.В. **66, 85**
Рудніченко С.В. **136**

Семироз А.О. **13**
Скосирєв А.Ю. **78**
Соболєв В.В. **136**
Сокоринська Н.В. **127**
Солодчук М.О. **105**
Старцев В.В. **116**

Терновський А.Ю. **55**
Тертишнік Є.М. **127**
Толмачов В.Ю. **66**
Третяк В.Ф. **116**
Трофименко С.І. **136**

Фомін А.В. **105**

Холодний Р.В. **29**

Шейн І.В. **127**
Шумигай О.В. **38**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ
ВИПУСК № 1(11) 2022

Відповідальний за випуск – ТРИСТАН А.В.

Літературний редактор – КАВІНСЬКА В.І.

Коректор –ХОЛОДНИЙ Р.В.

Переклад англійською – ЛОСЬ А.М., СОБОЛЄВ В.В., ШОХА В.М.

Комп'ютерна верстка і макетування – ЖИРНА О.В.

Заснований у 2019 році. Зареєстрований в Міністерстві юстиції України
(свідоцтво серія КВ № 23995–13835Р від 19.06.2019 року).
Періодичність 4 рази на рік

Інформаційний сайт видання: https://dndivsovt.com

Підписано до друку 01.05.2022 р.
Формат 60 × 84/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Умовн. друк. арк. 16,97. Обл.–вид.арк. 11,93.
Зам.№ 136. Наклад 100 прим. Ціна договірна.

Віддруковано з готових оригінал-макетів замовника.
Друк та палітурні роботи ФОП О.О. Євенок
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції України
серія ДК №3544 від 05.08.2009 р.
м. Житомир, вул. М. Бердичівська, 17А
тел.: 063 101 22 33, e-mail: printinzt@gmail.com



ISSN 2706-7386
9 772706 738006