

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(15)

Черкаси

2023



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

ISSN 2706-7386

ЗБІРНИК наукових праць

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

Випуск 1(15)

Заснований у жовтні 2019 року

Відображені проблемні питання наукового та науково-технічного характеру у галузі створення, випробування, оцінки відповідності озброєння та військової техніки і пошук шляхів їх вирішення. Збірник призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, ад'юнктів, аспірантів.

Засновник і видавець:

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

Телефон:

+38 (068) 303 51 23

E-mail редколегії:

niv_dndi@ukr.net

Інформаційний сайт:

dndivsovt.com

Адреса:

18003, м. Черкаси,
вул. В'ячеслава Чорновола, 164

Черкаси • 2023

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор:

Певцов Геннадій Володимирович, доктор технічних наук професор,
Заслужений діяч науки і техніки України,
Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки,
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації ОВТ, Черкаси, Україна.

Заступник головного редактора:

Тристан Андрій Вікторович, доктор технічних наук старший науковий співробітник,
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації ОВТ, Черкаси, Україна.

Члени редакційної колегії:

- Бурсала Олександр Леонідович, кандидат технічних наук старший науковий співробітник,
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації ОВТ, Черкаси, Україна;
- Коломійцев Олексій Володимирович, доктор технічних наук професор,
Заслужений винахідник України,
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна;
- Леонтъев Олексій Борисович, доктор технічних наук професор,
Заслужений діяч науки і техніки України,
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна;
- Малюга Володимир Геннадійович, доктор військових наук старший науковий співробітник,
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Нікітченко Віктор Іванович, кандидат технічних наук старший дослідник,
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації ОВТ, Черкаси, Україна;
- Овчаренко В'ячеслав Володимирович, доктор військових наук професор,
Київський інститут Національної гвардії України, Київ, Україна;
- Пацек Богуслав, доктор військових наук професор,
Ягелонський університет, Краків, Польща;
- Сорока Михайло Юрійович, кандидат технічних наук доцент,
Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна;
- Тимочко Олександр Іванович, доктор технічних наук професор,
Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна.

Відповідальний секретар:

Ряполов Іван Євгенович, кандидат технічних наук,
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації ОВТ, Черкаси, Україна.

*Затверджений до друку науково-технічною радою Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки
(протокол від 15 березня 2023 року № 3).*

*Включений до категорії „Б” Переліку наукових фахових видань України
накази Міністерства освіти і науки України від 15.04.2021 № 420
технічні та військової науки за спеціальністю 255.*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 23995-13835Р від 19.06.2019 р.*

Періодичність видання: 4 рази на рік.

*Усі статті, що публікуються у збірнику, проходять обов'язкове рецензування, яке здійснюється
за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів (подвійне сліпе рецензування).*

Унікальність текстів публікацій перевіряється за допомогою системи пошуку ознак плагіату Unichesk.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.



Інформаційний сайт видання: dndivsovt.com.

Публічність та доступ: Збірник зберігається у загальнодержавній базі даних Державної бібліотеки ім. Вернадського „Україніка наукова” та включено у довідник періодичних видань Ulrich's Periodicals Directory (USA), Index Copernicus.

Авторські права: За авторами зберігаються усі авторські права та права на видання без обмежень. Збірник дозволяє користувачам: читати, завантажувати, копіювати, поширювати, друкувати та посилатися на повні тексти статей за умови зазначення авторства. Дозволяється повторне використання змісту збірника у відповідності з ліцензією Creative Commons CC-BY.



MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE
STATE SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE
OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT
TESTING AND CERTIFICATION

ISSN 2706-7386

SCIENTIFIC WORKS

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

Issue 1(15)

Founded in October, 2019

Problematic issues of a scientific and scientific-technical nature in the field of creation, testing, assessment of the conformity of weapons and military equipment and the search for ways to solve them are reflected. The collection is intended for researchers, teachers, doctoral students, associate professors, and postgraduate students.

Founder and publisher:

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

Phone:

+38 (068) 303 51 23

E-mail:

niv_dndi@ukr.net

Website:

dndivsovt.com

Address:

18003, Cherkasy,
Vyacheslava Chornovola street, 164

Cherkasy • 2023

EDITORIAL STAFF

Editor-in-Chief:

Hennadii Pievtsov, Doctor of Engineering Science Professor,
Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,
The Laureate of State Prize of Ukraine in Science and Technology,
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine.

Deputy Editor-in-Chief:

Andrii Trystan, Doctor of Engineering Science Senior Researcher,
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine.

Editorial Board:

- Oleksandr Bursala, PhD in Engineering Senior Researcher,
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine;
- Oleksii Kolomiitsev, Doctor of Engineering Science Professor,
Honored Inventor of Ukraine,
National Technical University is the “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine;
- Oleksii Leontiev, Doctor of Engineering Science Professor,
Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine;
- Volodymyr Maliuha, Doctor of Military Science Senior Researcher,
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine;
- Viktor Nikitchenko, PhD in Engineering Senior Researcher,
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine;
- Viacheslav Ovcharenko, Doctor of Military Science Professor,
Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine, Kyiv, Ukraine;
- Boguslaw Pacek, Doctor of Military Science Professor,
Jagiellonian University, Krakow, Poland;
- Myhaylo Soroka, PhD in Engineering Associate Professor,
Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine;
- Oleksandr Tymochko, Doctor of Engineering Science Professor,
Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine.

Executive Secretary:

Ivan Ryapolov, PhD in Engineering,
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine.

*Scientific and Technical Council State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment Testing and Certification confirmed for printing
(record № 3 dated March, 15, 2023).*

*The Journal is inscribed to the category „Б” of the List of Scientific Professional Publications of Ukraine
(Technical and Military Sciences by specialty 255)
maintained by orders of Ministry of Education and Science of Ukraine № 420 dated April, 15, 2021.*

*The State Registration Certificate of printed mass media
KB № 23995-13835P dated June, 19, 2019.*

Frequency of publication: 4 times a year.

All the articles that are published in the journal must be peer reviewed.

It is conducted anonymous both for authors and reviewers (double blind peer review).

*The uniqueness of the texts of publications is checked with using the Unichек plagiarism signs search system.
The authors take responsibilities for the reliability of stated facts, quotations and other statements.*



Website: dndivsovt.com.

Publicity and access: *The Digest is stored in federal abstract database of Vernadsky National Library „Ukrayinika naukova” and included with periodical reference book Ulrich’s Periodicals Directory (USA) and the Directory, Index Copernicus.*

Author’s rights: The authors retained all copyrights and publishing rights with no limited publications. The journal allows users: to read, download, copy, distribute, type and refer to the whole articles upon conditions of affiliation. Repeated recycling of journal contents is allowed according to Creative Commons CC-BY license.

З М І С Т

C O N T E N T S

<i>Андрушко М.В., Кузьміч О.С., Аркушенко П.Л., Андрушко А.М.</i> Особливості використання програмних засобів SCADA та Catman в інформаційно-вимірювальній системі для проведення випробувань ОБТ 8	<i>Andrushko M., Kuzmich O., Arkushenko P., Andrushko A.</i> Features of the use of SCADA and Catman software in the information and measurement system for conducting AME tests 8
<i>Бакалов В.Г., Кузьменко В.О., Яриш І.Ю., Зройчиков Д.В.</i> Комп'ютерне дослідження математичної моделі процесу артилерійського пострілу 15	<i>Bakalov V., Kuzmenko V., Yarysh I., Zroichykov D.</i> Computer study of the mathematical model of the artillery shot process 15
<i>Бачурін С.М., Заруба О.Г., Шишацький А.В.</i> Основні положення методики оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків озброєння та військової техніки 20	<i>Bachurin S., Zaruba O., Shyshatskyi A.</i> Main provisions of the methodology for assessing the efficiency of the functioning of the system for collection of trophy samples of armament and military equipment 20
<i>Бориц В.В., Вerveйко О.І., Світенко М.І., Семірозов А.О.</i> Деякі особливості застосування стандартів НАТО щодо забезпечення єдності вимірювань при випробуваннях виробів озброєння та військової техніки 26	<i>Borshch V., Verveyko O., Svitenko M., Semiroz A.</i> Some features of the application of NATO standards regarding ensuring the uniformity of measurements during testing of armament and military equipment 26
<i>Буряк С.П., Гулий С.М.</i> Фактори, що впливали на розвиток основних бойових танків радянського виробництва (1991 – 2022 рр.) 34	<i>Buryak S., Hulyi S.</i> Factors that influenced the development of soviet made main battle tanks (1991 – 2022) 34
<i>Варакута В.П., Ряполов Є.І., Чернявський О.Ю., Оверчук В.О.</i> Вибір оптимального сценарію тактики ведення бойових дій різномірними підрозділами у складі батальйонних тактичних груп 41	<i>Varakuta V., Ryapolov Ye., Cherniavskiy O., Overchuk V.</i> Choise of the optimal scenario of tactics of combat actions by various units in the composition of battalion tactical groups 41
<i>Зозуля В.М., Юла О.В., Сліднікова О.С.</i> Аналіз приладів та систем вимірювання дульної швидкості 49	<i>Zozulia V., Yula O., Sliednikova O.</i> Analysis of devices and systems for measuring muzzle velocity 49
<i>Катунін А.М., Коломіїцев О.В., Пустоваров В.В., Олійник Р.М.</i> Можливості щодо використання методів керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях озброєння та військової техніки для її захисту від боеприпасів із напівактивними лазерними системами наведення 62	<i>Katunin A., Kolomiitsev O., Pustovarov V., Oliynyk R.</i> Possibilities of using optical radiation diffraction management methods on reflective coatings of armament and military equipment for its protection against ammunition with semi-active laser guidance systems 62

<i>Крюков М.І.</i> Деякі питання супроводження проектів актів законодавства, які розроблені органами виконавчої влади та надіслані на погодження до Міністерства оборони України.....	68	<i>Kriukov M.</i> Some issues of administration of draft legislative acts developed by bodies of the executive authority and sent for approval to the Ministry of Defence of Ukraine.....	68
<i>Латто І.М., Бірюков Є.М., Журахов О.В., Добришкін Ю.М.</i> Центр протимінної діяльності: основні аспекти діяльності та перспективи розвитку	74	<i>Lappo I., Biriukov Ye., Zhurakhov O., Dobryshkin Yu.</i> Mine action center: main aspects of activity and development prospects	74
<i>Любарець А.А., Шатров А.М., Нікітченко А.О.</i> Методико-технологічні основи досліджень ракетних двигунів твердого палива засобів ураження	81	<i>Liubarets A., Shatrov A., Nikitchenko A.</i> Methodological and technological basics of research of solid fuel rocket engines of attack means	81
<i>Ляшенко В.А., Кіпріанов О.Л., Зозуля В.М., Юла О.В.</i> Обґрунтування проєкту загальних вимог до системи відеореєстрації для визначення руху об'єктів випробувань.....	86	<i>Lyashenko V., Kipriyanov O., Zozulia V., Yula O.</i> Justification of the draft general requirements for the video registration system for determining the movement of test objects	86
<i>Ляшенко В.А., Кривцун В.І., Кузнецов В.О., Агеєв О.В.</i> Часткова методика порівняльного оцінювання рівня технічної досконалості зразків засобів (комплексів) розмінування	92	<i>Lyashenko V., Krivtsun V., Kuznecov V., Aheiev O.</i> Partial comparative methodology assessment of the level of technical perfection samples of mine clearing tools (complexes).....	92
<i>Нікітченко В.І., Олійник Р.М., Іванов Д.А., Живець Ю.М., Шумигай О.В.</i> Обґрунтування доцільності застосування системи “AUDS” для протидії безпілотним літальним апаратам	99	<i>Nikitchenko V., Oliinyk R., Ivanov D., Zhivetc Yu., Shumigay O.</i> Justification of the feasibility of using the “AUDS” system for countering unmanned aircraft devices	99
<i>Орлов С.В., Симоненко О.В., Ларін В.В., Гордієнко А.М.</i> Визначення основних характеристик та умов польоту безпілотних літальних апаратів для створення імітаційної моделі подолання системи протиповітряної оборони противника	110	<i>Orlov S., Simonenko O., Larin V., Hordiienko A.</i> Determination of the main characteristics and flight conditions of unmanned aircraft for the creation of a simulation model for overcoming the enemy’s air defense system.....	110
<i>Паращенко Т.В., Заєць М.Є., Василенко Р.В.</i> Сучасний стан та перспективи удосконалення світлотехнічного обладнання літальних апаратів	116	<i>Parashchenko T., Zaets M., Vasylenko R.</i> Current state and prospects of improving the lighting equipment of aircrafts.....	116
<i>Прошчін І.В., Матвієєв Л.І.</i> Вплив надзвичайних ситуацій на гідропорудах на ведення бойових дій.....	122	<i>Proshchyn I., Matvieiev L.</i> Influence of emergency situations on hydraulic structures for conducting hostilities	122

<i>Собора А.І., Жирний В.А., Лепеха І.І.</i> Проблемні питання та шляхи їх вирішення щодо удосконалення стадії “використання” життєвого циклу овт в умовах війни129	<i>Sobora A., Zhyrnyi V., Lepekha I.</i> Problematic issues and ways of their solution regarding the improvement of the stage of life cycle “usage” of ame in war conditions.....129
<i>Тертишнік Є.М., Потанов О.І., Мішок А.А., Ратушний С.В., Юла О.В.</i> Характеристика процесів, які підлягають відео-фотореєстрації під час проведення випробувань озброєння та військової техніки сухопутних військ та визначення загальних вимог до перспективних зразків відео-фотоапаратури для проведення випробувань133	<i>Tertyshnik Ye., Potapov O., Mishok A., Ratushny S., Yula O.</i> Characteristics of processes subject to video-photography during tests of weapons and military techniques of the ground forces and determination of general requirements for prospective samples of video-photo equipment for testing133
Алфавітний покажчик140	Alphabetical index140

М.В. Андрушко, О.Є. Кузьміч, П.Л. Аркушенко, А.М. Андрушко

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

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ SCADA ТА CATMAN В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ОВТ

Стрімкий розвиток програмно-апаратних комплексів та аналіз сучасних поглядів в останніх публікаціях свідчить про необхідність побудови перспективної інформаційно-вимірювальної системи з застосуванням новітніх досягнень в галузі програмних продуктів.

Якісне, ціленаправлене, економічно обґрунтоване та своєчасне випробування має рішуче значення для реалізації основних етапів проєкту по створенню новітнього озброєння та військової техніки.

Дана стаття присвячена аналізу та особливостям програмних засобів SCADA і Catman для застосування в складі перспективної інформаційно-вимірювальної системи і розгляду деяких новітніх підходів до експлуатації програмного забезпечення.

Ключові слова: система, програмний продукт, програмні засоби, особливості.

Вступ

Постановка проблеми. Безпека застосування озброєння і військової техніки (ОВТ), економічність його експлуатації та неухильне підвищення надійності роботи в значній мірі залежать від того наскільки широко впроваджені і ефективно використовуються:

– реєстраційні системи з метою збору, зберігання, передачі та обробки інформації;

– методи і засоби технічної діагностики для визначення режимів експлуатації (польоту), оцінки працездатності зразків ОВТ та виходів за встановлені експлуатаційні обмеження, як складної технічної системи.

Новітні зразки ОВТ у своїй роботі, як правило, оперують значними потоками цифрової інформації. Для її аналізу на різних етапах застосування ОВТ використовуються відповідні інформаційно-вимірювальні системи контролю, обробки і аналізу. Сучасні засоби (системи) контролю, обробки та аналізу інформації мають значно більші функціональні можливості, як з організації процесу обробки так і по ергономічним спроможностям аналізу та надання результатів. В сучасному світі постійно триває процес розвитку швидкодії як апаратної частини, так і досконалості програмного забезпечення (ПЗ) інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) обробки, контролю та аналізу інформації.

Нові можливості програмних продуктів неминуче ведуть до удосконалення (створення) існуючих (нових) перспективних ІВС і вимог, які раніше не висувалися.

Тому, постає питання побудови більш ефективної інформаційно-вимірювальної системи на

принципах сучасних досягнень в області програмно-апаратних продуктів, для застосування в ході проведення випробувань ОВТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У наукових працях останніх років спостерігається велика кількість публікацій відносно різних та широко використовуваних інформаційно-вимірювальних та програмних систем різного функціонального призначення [1–3].

Провідними країнами світу останнім часом розроблено значну кількість перспективних інформаційно-вимірювальних систем, які активно впроваджуються для проведення вимірювань та обробки результатів.

Ці обставини та дуже стрімкий розвиток засобів вимірювань, перетворення та обміну даними, як всередині систем, так і між ними, вимагають необхідності удосконалення методів оптимізації розробки та застосування перспективних інформаційно-вимірювальних систем для забезпечення проведення випробувань ОВТ, які враховують особливості розвитку на сучасному етапі електронного обладнання та програмних продуктів [7–12].

Метою статті є аналіз основних програмних продуктів SCADA і Catman та розгляд їх особливостей використання, як складової частини інформаційно-вимірювальних системах при проведенні випробувань ОВТ.

Виклад основного матеріалу

Однією з основних вимог до виробників ОВТ – вміння слухати проблеми та запити, з якими стикаються замовники та експлуатанти у своїй роботі, за наявності задачі збільшення

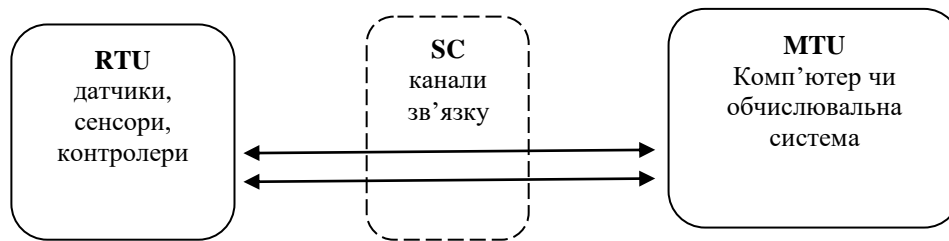


Рис.1. Типова SCADA система з трьох основних компонентів

функціональності, скорочення часу, виконання вимог уніфікації та економічності.

У виробників оборонної продукції існує додаткова проблема, пов'язана з необхідністю забезпечення гарантованої якості і надійності та високої продуктивності військових комплексів (систем), в тому числі і в екстремальних умовах.

Вирішенню питань забезпечення дотримання високих стандартів якості та надійності ключову роль відіграє етап проведення всебічних випробувань дослідного зразка ОБТ. Це можна досягти за умов наявності відповідного інструментарію, а саме системи вимірювань і реєстрації параметрів в комплексі з сучасним програмним забезпеченням.

На даний час існує велика кількість програмних продуктів різного призначення. Відмітимо, що серед інформаційно-вимірювальних систем важливу роль займають SCADA системи [4].

Сучасний ринок має велику різноманітність SCADA систем, але в більшості з них однаковий набір функціональних можливостей, відповідаючи основним вимогам, пред'явленим до систем верхнього рівня. Стандартний набір функцій в SCADA зумовлений загальним колом задач виникаючих при створенні системи автоматизації.

Крім того, існує велика різноманітність програмних продуктів в системі SCADA, які розроблені фахівцями передових держав в цій області. Серед них важливе місце займають: GENESIS32, InTouch, WinCC.

SCADA система (диспетчерське управління і збір даних) – програмний пакет призначений для розробки чи забезпечення роботи в реальному часі системи збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт дослідження або управління.

Типова SCADA система складається з трьох основних компонентів, як показано на рис.1.

Віддалений термінал (Remote Terminal Unit – RTU), який включає в себе від датчиків, сенсорів, що здійснюють знімання інформації з об'єкту, до спеціалізованих багатопроцесорних обчислювальних комплексів (контролерів), що здійснюють обробку інформації і управління. Використання пристроїв обробки інформації на нижньому рівні дозволяє понизити вимоги до

пропускнуої спроможності каналів зв'язку з центральним диспетчерським пунктом.

Система комунікації (канали зв'язку) (Communication System – CS) необхідна для передачі даних з віддалених об'єктів, терміналів на центральний інтерфейс оператора-диспетчера та передачі сигналів управління.

Центральний диспетчерський пункт (Master Terminal Unit – MTU) забезпечує зв'язок через інтерфейс між людиною-оператором і системою. В залежності від конфігурації системи, MTU може бути реалізований у складі від одиночного комп'ютера з пристроями підключення до каналів зв'язку, аж до великих обчислювальних систем.

SCADA – основний та найбільш перспективний метод автоматизованого керування складними динамічними системами та процесами у життєво важливих і критичних областях, з точки зору безпеки та надійності [4].

Основні функції системи:

- збір, обробка, передача та відображення даних у цифровому (графічному) вигляді;
- створення бібліотек даних, паспортизація об'єктів;
- оперативне інформування фахівців про тривоги і події, формування звітів, аналіз та планування.

Відповідно до функцій, основними завданнями системи є [4]:

- обмін даними з “пристроями зв'язку з об'єктом” в реальному часі через драйвера;
- обробка інформації в реальному часі;
- логічне управління;
- відображення інформації на екрані монітора в зручній і доступній формі;
- ведення бази даних реального часу з технологічною інформацією;
- аварійна сигналізація і управління тривожними повідомленнями;
- підготовка та генерування звітів про хід технологічного процесу;
- здійснення мережевої взаємодії;
- забезпечення зв'язку з зовнішніми додатками.

Для реалізації повноцінного проекту автоматизації система повинна мати наступний набір інструментів [4]:

- графічний інтерфейс, який дозволяє

відображати повну інформацію про хід процесів в системі у вигляді мнемосхем, графіків та інше;

- набір драйверів для взаємодії SCADA системи з пристроями нижнього рівня;
- архівація даних про різні події, ведення журналу подій в системі;
- скорочена мова складання алгоритмів управління технологічним процесом, підтримка мов програмування вищого рівня;
- засоби захисту від несанкціонованого доступу.

Для порівняння будуть розглянуті лише ті SCADA системи, які розраховані на роботу з Windows. Для аналізу вибрані системи GENESIS32, InTouch, а також в якості системи для розробки проєкту – WinCC.

В аналізі кожної системи розглянуті лише основні найбільш важливі характеристики та функціональні особливості.

Розглянемо деякі особливості системи GENESIS32 [5].

GENESIS32 є розробка американської компанії ICONICS та представляє собою інтегровану SCADA систему, засновану на використанні OPC технології. Система реалізована на платформі MS Windows, MS Windows.net.

Система призначена для створення додатків, яка реалізує збір даних від пристроїв нижнього рівня, оперативного управління та візуалізації параметрів, що підлягають контролю.

GENESIS32 складається з комплексу 32-х розрядних додатків, побудованих відносно з OPC технологією і призначених для роботи під управлінням операційних систем Windows.

В структуру SCADA системи GENESIS32 входять наступні компоненти:

- ProjectWorX32 (розробка проєкту);
- GraphWorX32 (розробка APM);
- TrendWorX32 (робота с трендами);
- AlarmWorX32 (робота с тривогами);
- DataWorX32 (зв'язок клієнтських додатків з пристроями);
- ScriptWorX32 (використання VBA).

Всі компоненти реалізовано на багатопоточній моделі та засновані на технології ActiveX.

Важливою якістю системи GENESIS32 є можливість зв'язку з великою кількістю програмованих локальних контролерів, завдяки OPC технології та створення прикладного програмного забезпечення, яке не вимагає глибоких знань в області класичного програмування.

Дана автоматизована система управління має розгалужену систему безпеки, що дозволяє вільно читати та перезаписувати дані. Система настільки гнучка, що в ній легко розповсюджувати одну інтернет-сторінку через велике число мережевих

web-серверів.

Виробник цієї системи крім засобів для автоматизації на нижньому рівні, надає пакет програмного забезпечення для обміну між рівнем SCADA систем та системами управління виробництвом під назвою BizViz.

Компанія ICONICS постійно удосконалює свою продукцію. На сьогоднішній день вже створений програмний комплекс з 64-розрядною багатопотоковою технологією збору даних та їх візуалізації – GENESIS64.

Коротко зупинимося на особливостях системи InTouch.

SCADA система InTouch є потужним засобом організації НМІ в області промислової автоматизації. InTouch входить в список програмних рішень від компанії Invensys Wonderware, лідера ринку програмних продуктів автоматизації виробництва. Система була розроблена більш двадцяти років тому.

Найбільш часто InTouch використовується для створення DCS (розподілених систем управління).

Відмінною особливістю SCADA системи InTouch можна вважати широкі можливості візуалізації технологічних процесів та ефективно реалізований людино-машинний інтерфейс. В системі великий вибір інструментів для візуалізації різних сценаріїв: зміна прозорості, орієнтації, розміру, кольору, положення і багато іншого. У вбудованій в InTouch бібліотеці символів мається більше 500 якісно створених графічних об'єктів, які можуть використовуватися як в вихідному вигляді так і модифікуватися при необхідності, бібліотека також може оновлюватися.

SCADA система Wonderware InTouch складається із середовища розробки та середовища виконання. В середовищі розробки Window Maker створюються мнемо схеми і описуються сценарії, після чого інформація завантажується в середовище виконання. Вікна, створені в Window Maker, відображаються в середовищі виконання/візуалізації – Window Viewer.

InTouch є відкритою системою та використовує стандартні засоби взаємодії з іншими продуктами автоматизації:

- DDE-обмін (Dynamic Data Exchange – динамічний обмін даними);
- OLE-технологія (Object Linking and Embedding – увімкнення та вбудовування об'єктів);
- OPC-програми (OLE for Process Control – OLE для управління процесами).

В системі існує можливість взаємодії з провідними виробниками ринку автоматизації Siemens, ABB, Rockwell Automation і багатьма іншими.

Система має високий рівень інтеграції

елементів управління за допомогою стандартних засобів Microsoft Active X.net, що робить можливість зв'язку з будь-якими пристроями автоматизації.

Основними перевагами цього продукту автоматизації, що підвищують продуктивність, є:

- легкість та зрозумілість при використанні системи;
- широкий набір функцій для створення додатків;
- високий рівень інтеграції програмних і апаратних рішень;
- широкі можливості реалізації сценаріїв і візуалізації процесів;
- міграція на нові версії програмного забезпечення.

Продукт Wonderware InTouch 9.0 став першим НМІ інструментом, що отримав сертифікат на використання логотипа Microsoft “Designed for Windows XP” certification.

Наявність такого сертифікату на упаковці говорить про те, що система задовольняє всім вимогам Microsoft і є надійним функціональним продуктом.

SCADA системи InTouch має велику кількість впроваджень. На даний час найбільш актуальна версія системи InTouch 10.5, в якій допрацьована значна кількість елементів та внесені функціональні оновлення.

Система для розробки проекту WinCC це потужна система людино-машинного інтерфейсу, що працює під управлінням операційної системи Microsoft Windows. Автоматизація процесу дозволяє підтримувати фактичний контроль над усім процесом. Це забезпечується організацією двох видів зв'язку: між WinCC і оператором та між системою автоматизації і WinCC.

Перший напрямок зв'язку потрібний для візуалізації технологічного процесу, іншими словами, в зручній формі відображати стан процесу, що дозволяє оператору ефективно стежити за всіма змінами технологічного процесу графічно.

Другий напрямок зв'язку полягає в можливості розроблення графічного інтерфейсу. За допомогою цього інтерфейсу WinCC забезпечує управління процесом з боку оператора. Крім графічної візуалізації, генерується система аварійних повідомлень про критичний стан процесу.

В WinCC налагоджена система документування та архівування значення даних технологічного процесу. WinCC може працювати як частина комплексної системи автоматизації в рамках концепції Siemens TIA (Totally Integrated Automation). WinCC може обмінюватися даними з іншими ІТ-рішеннями, використовуючи стандартизовані інтерфейси, наприклад, з такими

додатками, як Microsoft Excel. Відкриті програмні інтерфейси WinCC дозволяють користувачеві створювати і вбудовувати свої програми для управління процесом і даними процесу. Конфігурація проектів WinCC дозволяє створювати дуже різноманітні за складністю та можливостям проекти. WinCC підтримує створення різноманітних систем, від одного користувача і систем з архітектурою клієнт-сервер до розподілених резервованих систем з декількома серверами.

Звернемо увагу на особливості ще одного програмного продукту.

Catman це програмний продукт для пристроїв HBM QuantumX, SomatXR, MGCplus, PMX, DMP41 і SI/DI FS22 Bragg METERS, який дає можливість проведення вимірювань за допомогою датчиків. Типова вимірювальна схема з використанням зазначеного обладнання показана на рис.2.

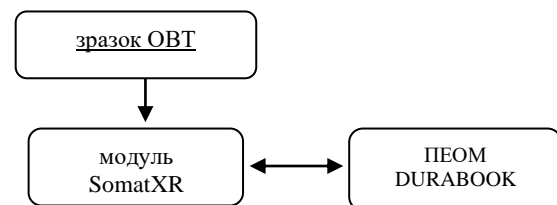


Рис.2. Типова вимірювальна схема

Вона дає змогу швидко та дуже просто виконувати різноманітні вимірювальні завдання без необхідності виконувати будь-яке трудомістке програмування.

Catman розпізнає не тільки конфігурацію підключених вимірювальних пристроїв, але завдяки оптимальній взаємодії апаратної та програмної складової, дозволяє автоматично налаштувати весь вимірювальний ланцюг. Для каналів DAQ зі звичайними перетворювачами використовується інтегрована база даних датчиків Catman. База даних датчиків уже містить усі датчики HBM, як шаблони та типові датчики, такі як термопари, Pt100, джерела напруги чи струму, але також може бути легко розширена оператором за допомогою внутрішнього функціоналу Catman. Сигнали CAN також можуть бути включені в бази даних датчиків і призначені для каналів прийому CAN. Також можна записати дані датчика з бази даних Sensor до модуля TEDS або перенести дані з модуля TEDS до бази даних Sensor.

Параметри Catman використовуються за замовчуванням або можна задати власну послідовність вимірювань з завданнями збору даних: задати частоту дискретизації, запуск та/або зупинку, включаючи час до запуску та час до зупинки (після запуску), вибрати точки часу для початку та зупинки або запуску і зупинити вимірювання вручну.

Catman дозволяє створити власну візуалізацію

за допомогою графічних об'єктів. Доступні графіки, що показують графіки DAQ під час вимірювання, цифрові або стовпчасті індикатори та багато інших об'єктів.

Разом з тим, можна також використовувати налаштування Catman за замовчуванням і невідкладно починати вимірювання. Навіть під час вимірювання можна призначити додаткові канали для графіків або створити нові графічні об'єкти.

Базова версія Catman Easy побудована таким чином, що дає можливість розширити її додатковими модулями.

Розглянуті програмні продукти відрізняються між собою деякими особливостями архітектури, функціональності та можливостями.

Всі розглянуті SCADA системи для підвищення надійності потребують резервування сервера, мереж та первинного обладнання (пристроїв вводу/виводу).

Існує два варіанти резервування сервера:

- основний і резервний сервери взаємодіють з пристроями вводу/виводу, що веде до збільшення навантаження на мережу та знижують продуктивність, хоча реально працює один сервер;

- застосування розподільної архітектури, коли працює один сервер по взаємодії з пристроями вводу/виводу і він обновлює базу резервного, що забезпечує його постійну готовність.

Крім того, існує потреба резервування мереж та пристроїв вводу/виводу для підтримки додаткового зв'язку.

Значимо, що SCADA системи з відкритим кодом мають низьку захищеність до атак хакерів, а системи на основі web-технологій дозволяють віддалено вносити зміни в конфігурацію управлінських процесів, які неможливо виправити, тобто існує необхідність підтримання загальних вимог інформаційного захисту від несанкціонованого доступу.

Вирішення цих питань викликає дорожчання системи, тобто зменшується економічність.

Модулі SomatXR з програмним продуктом Catman мають обмеження по лінії передачі даних (до 100 м) та використанню web-технологій.

При порівнянні зазначених систем, враховуючи їх переваги та недоліки, можна зробити висновок: Catman в порівнянні зі SCADA системами, має перевагу, оскільки він не потребує додаткового захисту від впливу можливого зовнішнього

втручання, але SCADA системи мають розгалужені локальні мережі та Ethernet.

Проведений аналіз особливостей побудови та функціонування програмних продуктів передових розробників дає змогу зробити належні висновки щодо правильності та необхідності створення перспективних інформаційно-вимірювальних систем, які будуть використовуватися при проведенні випробувань складних технічних систем та їх складових.

Отже, якісне ціленаправлене, економічне і своєчасне випробування має важливе значення для реалізації основних етапів оборонного виробництва.

Висновки

Все більш короткі терміни проектування та розробки в рамках сучасних програм створення ОБТ вимагають безпомилкових рішень, відповідаючи правилу “готовий з першого разу”. В секторі створення новітнього ОБТ необхідно враховувати не тільки ефективність та цілі оборонних об'єктів, але і природоохоронні заходи.

Застосування таких передових систем, як SCADA чи Catman в якості складової частини перспективної інформаційно-вимірювальної системи дозволить досягти високого рівня автоматизації у вирішенні питань розробки систем управління, збору, обробки, передачі, зберігання та відображення інформації. Це дасть можливість збільшити продуктивність, підняти якість робіт щодо проведення експериментів та досліджень, оптимізувати режими використання обладнання, реалізувати високонадійні системи автоматизації, що відповідає вимогам безпеки.

Використання передового програмного продукту, простота побудови, модульність та економічність системи дозволить виконувати весь перелік вимірювальних робіт інженерним персоналом організації без залучення сторонніх фахівців-програмістів і цим самим зменшити час та затрати.

Таким чином, застосування перспективних інформаційно-вимірювальних систем побудованих з врахуванням нових розробок програмно-апаратних продуктів дозволить вирішити питання скорочення часу випробувань, підняти якість та надійність і значно спростити весь перелік робіт, які виконуються відповідно методик випробувань.

Список літератури

1. Гончаров С. А., Москвитин С. В., Трикоз В. П. Основы построения лазерных и оптико-электронных информационных систем. Харьков: ХВУ, 1994. 286 с.
2. Веб-сайт. URL: <https://www.hbm.com/>. Operatingmanualcatmandatarecorder /A4722-1.0 HBM:publi /.
3. Веб-сайт. URL: <https://www.hbm.com/contact/worldwide/>. QuickStartGuideCatman / A01235_15_Y00_00 HBM:

publi.

4. SCADA – системи: взгляд изнутри: веб-сайт. URL: <http://www.scada.ru / publication/book/preface.html>.
5. GENESIS32GettingStarted: веб-сайт. URL: http://downloads.braasco.com/Iconics/Product%20Guides / Getting_Started.pdf.
6. Bugaja M., Urminskya T., Rostasa J., Pechoa P. Aircraft maintenance reserves-new approach to optimization. Transportation Research Procedia. 2019. Vol. 43. P. 31–40.
7. Про затвердження Методичних рекомендацій з впровадження систем управління безпекою польотів: Наказ державної авіаційної служби України від 26 липня 2012 р. № 528. URL: <https://zakononline.com.ua>.
8. Андрушко М. В., Шейн І. В. Обґрунтування методів аналізу та обробки вимірювальної інформації під час випробувань. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 2019. Вип. № 1(1). С. 5–9. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.1.2019.01>.
9. Андрушко М. В., Шейн І. В. Обґрунтування необхідності удосконалення системи накопичення вимірювальної інформації під час випробувань. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 2020. Вип. № 3(3). С. 4–9. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.3.2020.01>.
10. Андрушко М. В., Кузнецов В. О., Шейн І. В. Розгляд алгоритмів вибору та формування складових бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючих систем. Особливості їх застосування. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2021. Вип. № 1(7). С. 4–12. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.7.2021.01>.
11. Кузьміч О. Є., Аркушенко П. Л., Андрушко М. В., Гайдак І. Г., Пашенко С. В. Розгляд алгоритму експлуатації авіаційної техніки державної авіації України “за станом” з використанням наземних засобів технічного контролю та систем бортових вимірювань. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2021. Вип. № 3(9). С. 73–78. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.9.2021.10>.
12. Аркушенко П. Л., Андрушко М. В., Шейн І. В., Кузьміч О. Є. Обґрунтування необхідності застосування сучасних інформаційно-вимірювальних систем для підвищення якості проведення випробувань технічно складних систем. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022): матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції у 2 т. Чернігів, 26 – 27 травня 2022 р.: Національний університет “Чернігівська політехніка” [та ін.]. Чернігів: НУ “Чернігівська політехніка”, 2022. Т. 2. С. 209.

Надійшла до редколегії 01.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:**Андрушко Микола Васильович**

старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>

Кузьміч Олександр Євгенійович

начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5603-9922>

Аркушенко Павло Леонідович

кандидат технічних наук
начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1902-696X>

Андрушко Артем Миколайович

офіцер штабу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>

Information about the authors:**Mykola Andrushko**

Senior Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>

Oleksandr Kuzmich

Head of Scientific Research Laboratory
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5603-9922>

Pavlo Arkushenko

PhD in Engineering
Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1902-696X>

Artem Andrushko

Staff officer
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7748-5139>

FEATURES OF THE USE OF SCADA AND CATMAN SOFTWARE IN THE INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM FOR CONDUCTING AME TESTS

M. Andrushko, O. Kuzmich, P. Arkushenko, A. Andrushko

The rapid development of software and hardware complexes and the analysis of modern views in the latest publications show the need to build a promising information and measurement system using the latest achievements of software products.

One of the main requirements for AME manufacturers is the ability to listen to the problems and requests faced by customers and operators in their work, in the presence of the task of increasing functionality, reducing time, meeting the requirements of unification and economy.

Increasingly shorter design and development times within the framework of modern AME creation programs require error-free solutions, complying with the “ready the first time” rule. In the sector of creation of the latest AME, it is necessary to take into account not only the efficiency and goals of defense facilities, but also environmental protection measures.

High-quality, well-directed, economically justified and timely testing is of decisive importance for the implementation of the main stages of the project for the creation of the newest AME.

The authors of the article conducted an analysis of SCADA and Catman software products and a consideration of their features of use as a component of information and measurement systems during testing of the AME.

The conducted analysis of the features of the construction and functioning of the software products of advanced developers makes it possible to draw appropriate conclusions regarding the correctness and necessity of creating promising information and measurement systems that will be used in testing complex technical systems and their components.

The use of an advanced software product, ease of construction, modularity and cost-effectiveness of the system will allow the entire list of measurement works to be performed by the organization’s engineering staff without the involvement of third-party programmers, thereby reducing time and costs.

Thus, the use of promising information and measurement systems built taking into account the new developments of software and hardware products will solve the issue of reducing test time, increase quality and reliability, and significantly simplify the entire list of works performed according to test methods.

Keywords: *system, software product, software tools, features.*

В.Г. Бакалов¹, В.О. Кузьменко², І.Ю. Яриш², Д.В. Зройчиков²¹ Національний університет “Чернігівський колегіум” ім. Т.Г. Шевченка, Чернігів² Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

КОМП'ЮТЕРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ПОСТРІЛУ

В статті розглядається питання комп'ютерного дослідження математичної моделі процесу артилерійського пострілу. Артилерійський постріл із гармати – це складний термодинамічний і газодинамічний процес дуже швидкого перетворення хімічної енергії пороху спочатку на теплову, а потім на кінетичну енергію порохових газів, що приводять у рух снаряд, ствол і лафет. Відомо, що математична модель артилерійського пострілу складається в основному із рівняння горіння пороху, рівняння перетворення енергії, рівняння руху снаряду. З нашої точки зору чисельні методи вирішення вказаних рівнянь дозволяють дослідити як змінюються в часі основні параметри пострілу, а саме, швидкість горіння пороху, тиск порохових газів, швидкість руху снаряда. Змінюючи вхідні дані можна дослідити, як впливають на вказані параметри балістичні параметри пороху, його форма і щільність заряджання, маса снаряду, зусилля врізання пояса снаряда в нарізи ствола на динаміку поступового руху снаряду.

Ключові слова: внутрішня балістика, математична модель, горіння пороху, перетворення енергії, рух снаряду.

Вступ

Постановка проблеми. Війна росії проти України засвідчила, що успіхи Збройних Сил України (ЗСУ) в значній мірі залежать від артилерійських підрозділів. Ефективність артилерійських підрозділів залежить від нормального функціонування артилерійської зброї. Надійна робота артилерійської зброї, її живучість в основному залежать від термодинамічного і газодинамічного процесів при артилерійському пострілі, тобто від внутрішньої балістики. Отримувати значення параметрів внутрішньої балістики експериментальними методами дуже складно. Тому математичне моделювання артилерійського пострілу, з нашої точки зору, є найбільш доцільним. Математична модель процесів артилерійського пострілу вирішується чисельними методами. Результати, які отримані при такому моделюванні можна співставити з відомими параметрами реального пострілу і скорегувати відповідну математичну модель. Така модель дозволить підвищити надійність і живучість артилерійської зброї.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наш ворог (рф) приділяє значну увагу дослідженню артилерійського пострілу. Про це свідчить низка публікацій [5–14]. Значна частина з публікацій останнього часу є кандидатські і докторські дисертації [6; 8–9]. В нашій країні і за кордоном також є публікації присвячені вказаному напрямку [1–4]. Більшість публікацій і досліджень, присвячених математичному моделюванню процесів

горіння пороху і перетворення внутрішньої енергії, не враховують синергетичний ефект засобів запалювання. Засоби запалювання використовують види пороху, які мають високу швидкість горіння. Отже, на початковому етапі, засіб запалювання створює пороховий тиск, який значно підвищує початкову швидкість горіння основного заряду пороху.

Метою статі є комп'ютерне дослідження математичної моделі процесу артилерійського пострілу, яке базується на чисельному рішенні рівнянь горіння пороху, рівнянь перетворення енергії, рівнянь руху снаряду з врахуванням зусилля врізання пояса снаряду в канавки ствола на динаміку поступового руху снаряда.

Виклад основного матеріалу

Явище пострілу характеризується короткочасністю, високим тиском та високою температурою. Тривалість явища снаряда знаряддя визначається десятими і навіть сотими долями секунди. У каналі ствола зброї розвивається тиск до 400 МПа і температура більш ніж 2000 °С. Враховуючи вищенаведене, постріл є складним процесом і при його вивченні розглядають три послідовних періоди [1–9]:

1) **попередній період** (деякі автори називають його піростатичним) – від початку займання заряду до початку руху снаряда;

2) **перший або основний період** (деякі автори називають його перший піродинамічний) – від моменту закінчення врізання пояса снаряда у

нарізи і початку руху до закінчення горіння пороху;

3) **другий, або термодинамічний період** – від моменту закінчення горіння пороху до моменту вильоту снаряду із ствола;

Слід відмітити, що процеси горіння пороху дуже складні. Вони залежать від багатьох факторів, а саме, від типу пороху, хімічного складу, його виду (геометрії), тиску. Тому процес горіння пороху описується рівняннями, які були отримані експериментально. Такі досліди проводились дуже давно і тому більшість констант, які використовуються в теперішній час, при розрахунках процесу горіння виражаються в старій системі одиниць МКГСС. Тому в розрахунках потрібно це враховувати при визначенні наприклад тиску в МПА.

При складанні математичної моделі артилерійського пострілу відомими параметрами вважаються:

1) **геометричні розміри ствола:** d – калібр гармати; L_{cm} – довжина ствола; s – площа поперечного перерізу каналу ствола (з нарізами), $s=0.79\pi d^2$ – без нарізів, $s=0.81\pi d^2$ – при глибині нарізів 1% від калібру, $s=0.83\pi d^2$ – при глибині нарізів 2% від калібру; W_0 – об'єм камори;

2) **умови заряджання:** q – вага снаряду; Δ – щільність заряджання; $p_{фор}$ – тиск форсування снаряду (тиск при якому снаряд починає рух по нарізам ствола); розміри нарізів;

3) **параметри заряду:** ω – вага заряду; δ – питома вага заряду; f – сила заряду; e_1 – половина початкової товщини зводу порохового елемента, який горить; k, λ, μ – коефіцієнти, які характеризують форму зерна заряду; u_1 – швидкість горіння заряду; k_a – показник адіабати; I_k – кінцевий імпульс тиску газів за час згорання пороху $I_k = e_1 / u_1$;

4) **параметри руху:**

Математична модель, яка описує процес артилерійського пострілу для кожного періоду складається із системи рівнянь [1–5; 7]:

1) **для попереднього періоду** це рівняння розрахунку відносної товщини згорілого заряду (z), рівняння згорілої вагової частини заряду (ψ), рівняння приведеної довжини вільного об'єму камори (l_ψ), рівняння зміну тиску (p):

$$\begin{cases} \frac{dz}{dt} = \frac{p}{I_k}; \\ \psi = k \cdot z(1 + \lambda \cdot z); \\ l_\psi = l_0 \cdot \left[1 - \frac{\Delta}{\delta} - \left(\alpha - \frac{1}{\delta} \right) \cdot \Delta \cdot \psi \right]; \\ p = f \cdot \omega \cdot \frac{\psi - \frac{\theta \cdot \varphi \cdot q \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot f \cdot \omega}}{s(l_\psi + l)}; \\ p < p_{фор}; \\ \text{при } \dots v = 0; \dots \dots \dots l = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де z – відносна товщина згорілого заряду ($z = e/e_1$); ψ – вагова частина заряду, яка згоріла; e – товщина згорілого шару пороху в одному напрямку; l_ψ – приведена довжина вільного об'єму камори; l_0 – приведена довжина камори; α – коволюм порохових газів; l – шлях, що проходить снаряд в каналі ствола; v – швидкість снаряду у каналі ствола; p – тиск порохових газів в каналі ствола; t – час з початку загорання заряду; θ – параметр розширення порохових газів ($\theta = k_a - 1$); φ – коефіцієнт фіктивності; g – прискорення земного тяжіння.

В попередньому періоді снаряд не рухається і тому його швидкість $v = 0$ і відповідно шлях, що проходить снаряд $l = 0$. Слід відмітити, що попередній період закінчується, коли тиск порохових газів в каналі ствола перевищить тиск форсування $p_{фор}$;

2) **для першого або основного періоду** до системи рівнянь додаються диференціальні рівняння зміни швидкості снаряду (v) і зміни шляху його проходження (l):

$$\begin{cases} \frac{dz}{dt} = \frac{p}{I_k}; \\ \psi = k \cdot z(1 + \lambda \cdot z); \\ l_\psi = l_0 \cdot \left[1 - \frac{\Delta}{\delta} - \left(\alpha - \frac{1}{\delta} \right) \cdot \Delta \cdot \psi \right]; \\ p = f \cdot \omega \cdot \frac{\psi - \frac{\theta \cdot \varphi \cdot q \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot f \cdot \omega}}{s(l_\psi + l)}; \\ \frac{\varphi \cdot q}{g} \frac{dv}{dt} = s \cdot p; \\ \frac{dl}{dt} = v; \\ \text{при } p > p_{фор} \quad \text{та} \quad z \leq 1, \quad \psi \leq 1. \end{cases} \quad (2)$$

Відповідно цей період закінчується коли весь заряд згорить, тобто відносна товщина згорілого заряду $z = 1$ і вагова частина заряду, яка згоріла $\psi = 1$.

3) **для другого періоду**, коли весь порох згорів, то зникають рівняння горіння пороху і здійснюється перевірка виходу снаряду із ствола:

$$\begin{cases} l_\psi = l_0 \cdot \left[1 - \frac{\Delta}{\delta} - \left(\alpha - \frac{1}{\delta} \right) \cdot \Delta \cdot \psi \right]; \\ p = f \cdot \omega \cdot \frac{\psi - \frac{\theta \cdot \varphi \cdot q \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot f \cdot \omega}}{s(l_\psi + l)}; \\ \frac{\varphi \cdot q}{g} \frac{dv}{dt} = s \cdot p; \\ \frac{dl}{dt} = v; \\ \text{при } l \leq L_{cm}; \\ \text{при } p > p_{фор} \quad \text{та} \quad z = 1, \quad \psi = 1. \end{cases} \quad (3)$$

Другий період закінчується, коли шлях, що проходить снаряд в каналі ствола стане більше, ніж довжина ствола $l > L_{cm}$.

Всі три системи рівнянь включають диференціальні рівняння першого порядку. Для вирішення вказаних систем рівнянь використовуємо метод Рунге-Кутта, який є набагато точнішим за метод Ейлера, або модифікований метод Ейлера-Коши. За квант часу при рішенні вказаних рівнянь обрано квант часу $\Delta t = 0,00001$ с.

При вирішенні вказаних систем рівнянь обрано такі вхідні дані: калібр $d = 1,524$ дм; вага снаряду $q = 43,56$ кг; довжина ствола $L_{cm} = 5175$ мм; глибина нарізів 1,5 мм (глибина нарізів складає 1 % від калібру); об'єм камори $W_0 = 18,82$ дм³; вага заряду $\omega = 8,31$ кг; сила нітрогліцеринового холодного пороху $f = 900000$ кгс/(дм·кгс); швидкість горіння пороху $u_l = 70 \cdot 10^{-7}$ дм/с/(кгс/дм²); значення коефіцієнтів, які характеризують трубчасту форму зерна $k = 1,007$, $\lambda = -0,007$; половина початкової товщини зводу порохового елемента, який горить $e_l = 0,014/2$; тиск форсування $p_{фор} = 5000$ кгс/дм².

Вказані параметри були базовими при проведенні розрахунків. Для того щоб дослідити як впливають окремі значення параметрів на процеси артилерійського пострілу, змінювались значення базового параметру в сторону збільшення або зменшення. Приведена математична модель не враховує дію запальника металюного заряду. Порох, який використовується в запальниках, має високу швидкість горіння. Таким чином, його дію можна враховувати через зміну початкового значення тиску у камері. Відомо, що це значення змінюється в діапазоні від 20 кгс/см² – до 50 кгс/см². В розрахунках прийємо $p_{ноч} = 2000$ кгс/дм².

Для знаходження рішення вказаних систем рівнянь розроблена програма на алгоритмічній мові C++. Результати розрахунків виводились у файл у вигляді масивів часу (t), відносної товщини згорілого заряду (z), вагової частини заряду, яка згоріла (ψ), тиску порохових газів (p), швидкості руху снаряду (v), довжини проходження снаряду в стволі (l). Отримані масиви копіювались в математичний пакет Mathcad, який дозволяє будувати графіки залежностей вказаних параметрів від часу.

Результати розрахунку тиску для базових значень параметрів представлені у вигляді графіку рис.1.

Як видно із графіка, тиск зростає до максимального значення, а потім знижується. Це викликано тим, що в максимальній точці тиску пороховий заряд весь згорів, а снаряд продовжує свій рух, тому тиск порохових газів падає.

Доцільно дослідити вплив запальника металюного заряду на артилерійський постріл.

Відомо, що в запальниках використовують переважно димний порох, який має швидкість горіння в десятки разів більшу, чим швидкість горіння піроксилінових і нітрогліцеринових порохів. Таким чином, на початковому етапі пострілу запальник буде приводити до швидкого зростання тиску в камері, а відповідно до пришвидшення протікаючих процесів при артилерійському пострілі. На рис.2 представлені розрахунки тиску порохових газів і швидкості снаряду для базових значень із запальником і без нього.

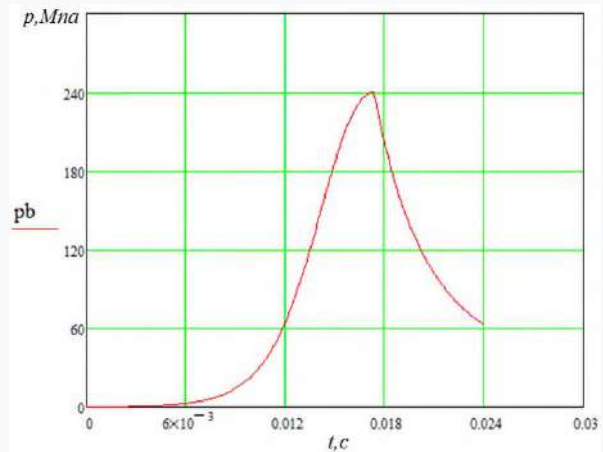
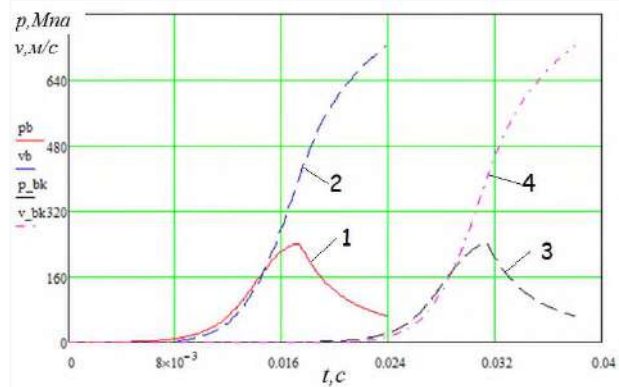


Рис.1. Залежність тиску порохових газів від часу для базових значень параметрів
Джерело: розроблено авторами.



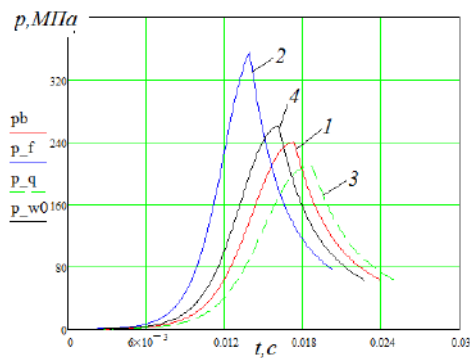
Базові параметри: 1 – p_b – тиск порохових газів;
2 – v_b – швидкість снаряду.
Без запальника: 3 – p_{bk} – тиск порохових газів;
4 – v_{bk} – швидкість снаряду

Рис.2. Залежності тиску порохових газів і швидкості снаряду від часу

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з рис.2 при врахуванні дії запальника металюного заряду процес пострілу протікає значно швидше і зміщення в часі складає 7 мс. Максимальний тиск порохових газів настане на 12 мс скоріше. Слід відмітити, що максимальне значення тиску і швидкості снаряду при цьому практично не змінилися.

Розрахунки показали, що зміна порошу на нітрогліцериновий гарячий $f = 1100000 \text{ кгс}/(\text{дм} \cdot \text{кгс})$, зміна ваги заряду $w = 7,89 \text{ кг}$, зміна об'єму камори $w_0 = 17,88 \text{ дм}^3$ значно впливають на максимальний тиск порохових газів. З даних, наведених на рис.3 видно, що зміна порошу на нітрогліцериновий гарячий підвищила максимальний тиск більш ніж на 47 % і процес став протікати швидше на 3,4 мс. Зменшення камори на 5 % збільшило максимальний тиск на 8 % і процес артилерійського пострілу став протікати швидше на 1,2 мс. Зменшення ваги заряду на 5 % призвело до зменшення максимального тиску на 12,5 % і процес пострілу став протікати повільніше на 1,3 мс.



- 1(p_b) – базові параметри; 2 (p_f) – порох нітрогліцериновий гарячий;
 3 (p_q) – зменшений заряд (на 5 %);
 4(p_{w0}) – зменшена камора (на 5 %)

Рис.3. Залежності тиску порохових газів від часу
 Джерело: розроблено авторами.

Висновки

Таким чином, запропонована математична модель процесу артилерійського пострілу враховує всі чинники, які впливають на протікаючі в стволі процеси. Математична модель артилерійського пострілу складається в основному із рівняння горіння порошу, рівняння перетворення енергії, рівняння руху снаряду та початкових і граничних умов. Рішення наведених систем рівнянь проводилось чисельними методами, а диференційні рівняння вирішувались методом Рунге-Кутта. Отримані значення максимальних тисків порохових газів і їх співставлення з експериментальними показало, що похибка не перевищує 3 %.

Це підтверджує адекватність математичної моделі артилерійського пострілу. Таким чином, запропонована математична модель артилерійського пострілу і метод її вирішення може бути використана для дослідження впливу різних параметрів (параметри порошу, конструктивні параметри гармати, маса снаряду та інші) на процеси, які протікають при пострілі. Вказана модель може слугувати робочим апаратом при подальшому проектуванні та вогнево-бойовій експлуатації для зменшення полігонних випробувань матеріальної частини артилерії і боєприпасів, коли потрібно визначити комбінацію максимального тиску і швидкості снаряду для різних марок порошу.

Список літератури

1. Онда В. І. Внутрішня балістика. Суми: СДУ, 2018. 134 с.
2. Клименко Л. П., Дыхта Л. М., Андреев В. И. Компьютерное исследование основных задач внутренней баллистики артиллерийских стволов. Николаев: ЧНУ им. Петра Могилы. Вып. 295. Том 307. 2017. 124–131 с.
3. Ramón A. Otón-Martínez and oth. Three-Dimensional Numerical Modeling of Internal Ballistics for Solid Propellant Combinations. *Mathematics*. 2021. Vol. 9(21). <https://doi.org/10.3390/math9212714>.
4. Jia-gang Wang, Yong-gang Yu, Liang-liang Zhou, Rui Ye. Numerical simulation and optimized design of cased telescoped ammunition interior ballistic. *Journal Defence Technology*. 2018. Vol. 14(2). 119–125.
5. Русяк И. Г., Тенев В. А. Моделирование баллистики артиллерийского выстрела с учетом пространственного распределения параметров и противоавдавления. Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т.12. № 5. С. 1123–1147.
6. Сидоров М. И. Повышение живучести артиллерийских систем на основе моделирования и управления трибохимическими процессами изнашивания: дисс. на соиск. учен. степ. доктора техн. наук: 05.02.04. м., 2018. 490 с.
7. Балаганский И. А. Основы баллистики и аэродинамики. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. 200 с.
8. Суфиянов В. Г. Решение задачи комплексного моделирования артиллерийского выстрела с применением визуальных технологий для проектирования и отработки артиллерийских систем: дисс. на соиск. учен. степ. доктора техн. наук: 05.13.01. ижевск, 2017. 302 с.
9. Парфенов А. Ю. Численное моделирование динамики внутрикамерных процессов при срабатывании артиллерийского орудия. Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.13.18. пермь, 2014. 148 с.
10. Слущкий В. Е., Зайцев А. А. Учет в баллистической подготовке артиллерийского комплекса деформаций ведущего пояса снаряда при выстреле. *Труды Нижегородского гос. техн. универ.* 2014. № 5(107).
11. Шепетило С. В., Могильников Н. В. Математическое моделирование минометного выстрела. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2012. Вып. 11. Ч. 1. 3–6 с.
12. Вооружение России. Т.2. Вооружение России на рубеже веков. м.: Изд. д. “Оружие и технологии”, 2011. 612 с.
13. Могильников Н. В., Горбунов В. В., Левицкий Л. Ф. Движение снаряда в стволе и на траектории. тула: ТулГУ, 2007. 144 с.
14. Чанкаев С. К., Яковлев В. Я. Динамика движения снаряда при низких двалениях в стволе. РАН. *Прикладная механика и техническая физика*, 2007. Т.48. № 6. 44–49 с.

Відомості про авторів:**Бакалов Валерій Григорович**

кандидат технічних наук доцент
Національний університет “Чернігівський
колегіум” імені Т.Г. Шевченка,
Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8602-7778>

Кузьменко Віктор Олександрович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8008-4299>

Яриш Ігор Юрійович

старший науковий співробітник –
старший інженер-випробувач
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0212-0466>

Зройчиков Дмитро Валерійович

старший науковий співробітник –
старший інженер-випробувач
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8638-699X>

Information about the authors:**Valery Bakalov**

PhD in Engineering Associate Professor
Chernihiv Collegium National University
named after T.G. Shevchenko,
Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8602-7778>

Viktor Kuzmenko

Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8008-4299>

Igor Yarysh

Senior Researcher –
Senior Test Engineer
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0212-0466>

Dmytro Zroichykov

Senior Researcher –
Senior Test Engineer
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8638-699X>

COMPUTER STUDY OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE ARTILLERY SHOT PROCESS

V. Bakalov, V. Kuzmenko, I. Yarysh, D. Zroichykov

The article deals with the issue of computer research of the mathematical model of the artillery fire process. Russia's war against Ukraine showed that the success of the Armed Forces of Ukraine (AFU) largely depends on artillery units. The effectiveness of the actions of the artillery units depends on the normal functioning of artillery weapons.

The phenomenon of the shot is characterized by short duration, high pressure and high temperature. The duration of the shot phenomenon is determined by tenths and even hundredths of a second. A pressure of up to 400 MPa and a temperature of more than 2000 C develop in the bore of the weapon.

It should be noted that the processes of gunpowder combustion are very complex. They depend on the manufactures, namely, on the type of gunpowder, chemical composition, its type (geometry) and pressure. So, the process of gunpowder combustion is described by equations that were obtained experimentally. Such experiments were carried out a long time ago, so most of the constants currently used in the calculation of the combustion process are expressed in the old ICGSS system of units. Therefore, it should be taken into account in the calculations when determining, for example, the pressure in MPA.

The mathematical model of the artillery shot process takes into account all the factors that affect the processes occurring in the barrel. The mathematical model of an artillery shot consists mainly of the gunpowder combustion equation, the energy conversion equation, the projectile motion equation, the initial and boundary conditions. The numerical solution of the given systems of equations was carried out by numerical methods and the differential equations were solved by the Runge-Kutta method. The obtained values of the maximum pressures of powder gases and their comparison with the experimental ones showed that the error does not exceed 3 % which confirms the adequacy of the mathematical model of the artillery shot. Thus, the proposed mathematical model of an artillery shot and the method of its solution can be used to study the influence of various parameters (gunpowder parameters, design parameter of the guns, mass of the projectile and others) on the processes occurring during a shot.

Keywords: *internal ballistics, mathematical model, gunpowder combustion, energy conversion, projectile motion.*

С.М. Бачурін, О.Г. Заруба, А.В. Шишацький

Центр досліджень трофейного та перспективного озброєння та військової техніки, Київ

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТРОФЕЙНИХ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Аналіз досвіду російсько-української війни свідчить про недослідженість питання щодо збору трофейних зразків озброєння та військової техніки. Це обумовлює актуальність проведення досліджень із зазначеного питання. У статті проведено аналіз вимог керівних документів щодо порядку збору трофейних зразків озброєння та військової техніки. Визначено неузгодженість підходів щодо збору трофейних зразків озброєння та військової техніки, які необхідно вирішити. Проведена декомпозиція існуючої системи збору трофейних зразків озброєння та військової техніки угруповань військ (сил), вивчено функціональні зв'язки між елементами системи, що дозволило обґрунтувати показники та розробити методику оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків озброєння та військової техніки угруповання військ (сил). В ході зазначеного дослідження авторами використані загальнонаукові методи аналізу та синтезу: аналізу під час декомпозиції існуючої системи збору трофейних зразків озброєння та військової техніки угруповань військ (сил), синтезу та оцінки складних ієрархічних систем – в ході розробки методики оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків озброєння та військової техніки угруповання військ (сил). Запропоновану методику доцільно використовувати в ході оцінювання спроможностей системи збору трофейних зразків озброєння та військової техніки угруповань військ (сил).

Ключові слова: система збору трофеїв, трофейні зразки озброєння та військової техніки, оцінка ефективності, показники та критерії.

Вступ

Постановка проблеми. Збройними Силами України в ході відсічі повномасштабної збройної агресії російської федерації на території України, було захоплено значну кількість трофейних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) противника [1–2].

Разом з тим, зазначене виявило проблемні питання щодо збору трофейних зразків ОВТ, які були виявлені (захоплені) Збройними Силами України та іншими складовими сектору безпеки та оборони [3]:

у переважній більшості командири підрозділів не доповідають командирам військових частин інформацію про виявлені (захоплені) трофейні зразки ОВТ, у зв'язку з небажанням відпрацьовувати документи щодо постановки їх на облік та списання, у разі їх виходу з ладу (знищення в ході бойових дій). Керівний склад військових частин виявляє трофейні зразки ОВТ під час виїзду на позиції підрозділів;

командирами підрозділів здійснюється доповідь про виявлення (захоплення) трофейних зразків ОВТ з відповідним документальним оформленням, як правило, у тому випадку, коли вони гарантовано залишаються у військовій частині (підрозділі);

низький рівень укомплектованості ремонтно-відновлювальних частин (підрозділів) евакуаційною

технікою (особливо у знов сформованих частинах), значний термін її експлуатації та частий вихід з ладу не дозволяє якісно виконувати завдання з евакуації трофейного ОВТ.

Вирішення зазначених проблемних питань, а також необхідність створення ефективної системи збору трофейних зразків ОВТ обумовлюють актуальність проведення досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практика використання трофейних зразків ОВТ широко була поширена за часів Радянського Союзу в період Другої світової війни [5].

Разом з тим, за наявними у відкритому доступі дослідженнями не знайдено відомих наукових публікацій, які дозволяють оцінити ефективність системи збору трофейних зразків ОВТ.

Проте, в Збройних Силах України є нормативні документи, що визначають порядок збору та постановки на облік трофейних зразків ОВТ [6–11].

Результати аналізу наукових публікацій [1–5], вимог нормативних документів [6–11] свідчать про те, що на даний час не існує науково-методичного апарату, що дозволяє повно та всебічно оцінити ефективність функціонування системи збору трофейних зразків ОВТ.

Метою статті є розкриття основних положень методики оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків ОВТ угруповання військ (сил).

Виклад основного матеріалу

Методика оцінювання ефективності функціонування системи щодо збору трофейних зразків ОБТ призначена для визначення кількісних та якісних показників ефективності її функціонування з метою її подальшого вдосконалення.

Як відомо, щоб мати можливість об'єктивно судити про ефективність операції та виконувати порівняння операцій, що по-різному організовані за ефективністю, використовують певні числові характеристики – показники ефективності. Саме вони виступають кількісною мірою якості рішення й отримуються в результаті застосування методів дослідження операцій при аналізі складних систем або процесів. На практиці для аналізу складних систем використовують систему з декількох показників [12–16].

При проведенні досліджень складних систем використовують такі типи показників [14]:

- показник типу ймовірності досягнення успіху;
- показники типу середнього значення досяжного результату;
- середньозважені показники та ін.

Будь-яка досліджувана система може бути кількісно охарактеризована певною множиною показників ефективності, кожний з яких відтворює її певну ознаку. Конкретний вигляд показника ефективності залежить від специфіки операції, що розглядається, її цільової спрямованості, а також від мети дослідження, яка може бути сформульована для аналізованої системи в тій чи іншій формі.

Зрозуміло, що чим складнішою є досліджувана операція, тим більшу кількість показників ефективності можна поставити їй у відповідність. Тому, щоб кількісно оцінити ефективність системи при виконанні певної її функції, необхідно спочатку в такому ж напрямку провести оцінку всіх елементів та підсистем, а також визначити міру їх впливу на ефективність системи в цілому [15].

Загальні показники ефективності характеризують досліджуваний процес у цілому. На відміну від загальних, окремі показники ефективності використовуються для оцінки виконання окремих функцій, як системою в цілому, так і окремими її елементами (підсистемами) [16–18].

Оскільки показників ефективності може бути дуже багато, для всебічного аналізу операції застосовують систему показників ефективності. Як відомо, до сукупності показників висуваються такі вимоги:

- повнота оцінки функціонування системи (змістовність);

- ясна фізична суть кожного показника;
- чутливість до будь-яких впливів внутрішніх і зовнішніх факторів;
- простота обчислень показників.
- відповідність цілі операції;
- відповідність здоровому глузду (легка інтерпретованість).

Залежно від поставленої задачі, показники ефективності можуть мати різну вагу (значущість). Із системи показників, як правило, обирається один або декілька найважливіших, з точки зору дослідника значення, які характеризують ступінь досягнення мети дослідження [14–20].

Оцінка ефективності складних систем проводиться з метою прийняття конкретних рішень при аналізі і синтезі таких систем, а також в процесі їх функціонування. Такі рішення приймаються в результаті застосування критеріїв ефективності.

Висновок про відповідність системи своєму призначенню здійснюється із застосуванням критеріїв ефективності – правил, за якими визначається якість прийнятого рішення. Взагалі для цього висновку може залучатися декілька критеріїв (система критеріїв), які дозволяють оцінити систему всебічно. Таким чином, усі дослідження та дії з удосконаленням системи спрямовані на задоволення обраних критеріїв [14–20].

Оцінку ефективності функціонування системи дуже часто проводять не тільки за одним показником, а й за всією їх системою. Головною особливістю в таких випадках є те, що показники досліджуваної системи можуть носити суперечливий характер. Такі задачі на практиці зустрічаються дуже часто. Досягнення результатів може бути здійснене при визначених обмеженнях для показників, так званому компромісі за декількома показниками.

На підставі аналізу наукових досліджень та спираючись на досвід бойових дій, підходів провідних науковців, що проводили дослідження складних систем військового призначення, проведемо розробку сукупності показників та визначимо їх межі для оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків ОБТ [1–20].

Пропонуються наступні показники оцінювання ефективності системи збору трофейних зразків ОБТ: оперативність надходження інформації про трофейні зразки ОБТ, достовірність інформації про трофейні зразки ОБТ, спроможність частин та підрозділів в зоні відповідальності здійснювати технічну розвідку та евакуацію трофейних зразків ОБТ та ступінь взаємодії з іншими складовими системи сектору безпеки і оборони.

Розглянемо порядок розрахунку значень

кожного з показників оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків ОВТ.

Оперативність надходження інформації про трофейні зразки ОВТ визначається як відношення часу надходження інформації про трофейні зразки ОВТ ($T_{надх}$) до нормативного часу надходження інформації про трофейні зразки ($T_{норм}$) та описується наступним виразом:

$$T = \frac{T_{надх}}{T_{норм}}. \quad (1)$$

Критеріальне значення $T_{норм}$ складає 24 години, тобто оновлення інформації про трофейні зразки ОВТ повинно здійснюватися один раз на добу станом на 24.00, як це визначено в Табелі термінових донесень.

Отже значення T може змінюватися від 1/24 (за мінімальний час надходження інформації приймемо одну годину) до 3 ($3 = 72/24$ – за максимальний час приймемо 72 години, це той час коли трофейний зразок ОВТ буде розукомплектований). Для прикладу розрахунку час надходження інформації приймемо 4 години.

Достовірність інформації про трофейні зразки ОВТ – визначається як відношення достовірної інформації ($D_{correct}$) (кількість трофейних зразків, які були виявлені (захоплені) фактично) до недостовірної (D_{false}) інформації (кількість зразків ОВТ, які не відображені в донесеннях, але мають в наявності) та описується наступним виразом:

$$D = \frac{D_{correct}}{D_{false}}. \quad (2)$$

Значення D має наступний діапазон змін від 0 (жоден трофей не виявлено) до нескінченності (у разі коли немає трофейних зразків ОВТ про які відсутня інформація в донесеннях).

За досвідом бойових дій максимальне число трофейних зразків ОВТ за добу операції не перевищує 100. Для нашого прикладу розрахунку приймемо $D_{correct} = 10$, а $D_{false} = 100$.

Спроможність частин та підрозділів в зоні відповідальності здійснювати технічну розвідку та евакуацію трофейних зразків ОВТ визначається як відношення кількості трофейних зразків ОВТ, які здатні виявити та евакуювати частини та підрозділи за одиницю часу $S_{fact}(t)$, до нормативної $S_{nor}(t)$ та описується виразом:

$$S = \frac{S_{fact}(t)}{S_{nor}(t)}. \quad (3)$$

Для прикладу приймемо $S_{fact}(t) = 10$.

Нормативна кількість трофейних зразків ОВТ, яка може бути виявлена та евакуювана частинами та підрозділами за одиницю часу $S_{nor}(t)$ (в дослідженні величина часу прийнята одна доба) розраховується з двох складових, а саме: кількості трофейних зразків ОВТ, які можуть бути виявлені групами технічної розвідки та кількості засобів, які можуть бути евакуювані частинами та підрозділами в смузі відповідальності. Величина $S_{nor}(t)$ змінюється від 1 до N , де N – це верхня межа кількості трофейних зразків ОВТ, яка може бути виявлена групами технічної розвідки та евакуювана силами і засобами ремонтно-відновлювального полку та визначається організаційно-штатною структурою полку.

Кількість трофейних зразків ОВТ, які можуть бути евакуювані, визначається як кількість евакуаційних засобів, які справні та в наявності для евакуації кожної категорії трофейних зразків ОВТ, а також довжини ділянки маршруту евакуації. Кількість трофейних зразків ОВТ, які можуть бути виявлені групами технічної розвідки, визначається як кількість трофейних зразків ОВТ, що знаходяться на площі, на якій здійснюється технічна розвідка для кожної з груп технічної розвідки (для прикладу приймемо $N = 40$).

Ступінь взаємодії з іншими складовими системи сектору безпеки і оборони визначається як відношення кількості складових сектору безпеки та оборони які надають інформацію про трофейні зразки ОВТ (N_{inf}) до загальної кількості складових, які діють в смузі відповідальності угруповання військ (сил) (N_{fact}) та описується виразом:

$$N = \frac{N_{inf}}{N_{fact}}. \quad (4)$$

N_{inf} вважається за 100 % якщо всі складові сектору безпеки і оборони, які діють в смузі відповідальності, надають інформацію про трофейні зразки ОВТ.

Мінімальна кількість складових визначається як 1, а максимальна кількість визначається відповідно до Закону України “Про національну безпеку України” та досвіду бойових дій з відсічі збройної агресії російської федерації, складає – 12. Для наведеного нижче прикладу приймемо $N_{inf} = 1$.

Оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних ОВТ повинна проводитись за узагальненим показником оцінки ефективності, як сукупності часткових показників (1)–(4).

Тоді узагальнений показник оцінки

ефективності системи в частині збору трофейних зразків ОВТ E матиме наступний вигляд:

$$E = f(X_1, X_2, X_3, X_4), \quad (5)$$

де X_i – показник оцінки ефективності системи збору трофейних зразків ОВТ, i – порядковий номер показника.

Для спрощення розрахунків ефективності системи збору трофейних зразків ОВТ приймемо гіпотезу щодо її лінійної залежності від обраних показників, тоді: $E = \sum_{i=1}^4 K_i X_i$, (6)

де K_i – ваговий коефіцієнт значимості i -го показника у виразах (1)–(4).

Для визначення ваги кожного з показників, використаємо загальноприйнятий метод експертного оцінювання (ранжування показників).

Реалізують цей метод 10 фахівців (експертів), компетентних в зазначеній галузі досліджень.

За результатами обробки експертних оцінок за методом простого ранжування визначені наступні вагові коефіцієнти, які наведені в табл.1.

Таблиця 1

Результати ранжування вагових коефіцієнтів

Оперативність надходження інформації про трофейні зразки ОВТ	Достовірність інформації про трофейні зразки ОВТ	Спроможність частин та підрозділів в зоні відповідальності здійснювати технічну розвідку та евакуацію трофейних зразків ОВТ	Ступінь взаємодії з іншими складовими системи сектору безпеки і оборони
K_1	K_2	K_3	K_4
0,13	0,16	0,47	0,24

З урахуванням наведеного в табл.1, узагальнений показник оцінки ефективності системи збору трофейних зразків ОВТ може бути записаний:

$$E = 0,13X_1 + 0,16X_2 + 0,47X_3 + 0,24X_4. \quad (7)$$

Здійснивши нормування отриманих значень показників до максимального значення, вираз (7) можна записати наступним чином:

$$E = \left(0,13 \frac{4}{72} + 0,16 \frac{10}{100} + 0,47 \frac{10}{40} + 0,24 \frac{1}{12} \right) = 0,07 + 0,016 + 0,118 + 0,2 = 0,404. \quad (8)$$

Для якісного оцінювання ефективності системи збору трофейних зразків ОВТ, числові значення виразу (8) підставимо у вербально-числову шкалу Харрінгтона, що наведена в табл.2.

Таблиця 2

Вербально-числова шкала Харрінгтона для кожного з показників

№ з/п	Змістовний опис градацій показників оцінки	Числове значення
1.	Дуже висока	0,8 – 1,0
2.	Висока	0,64 – 0,8
3.	Середня	0,37 – 0,64
4.	Низька	0,2 – 0,37
5.	Дуже низька	0,0 – 0,2

Тоді ефективність існуючої системи збору трофейних зразків ОВТ із використанням обраних показників та на основі поділу з використанням значень табл.2, можна вважати середньою.

Алгоритм оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків

ОВТ угруповання військ (сил) наведено на рис.1.

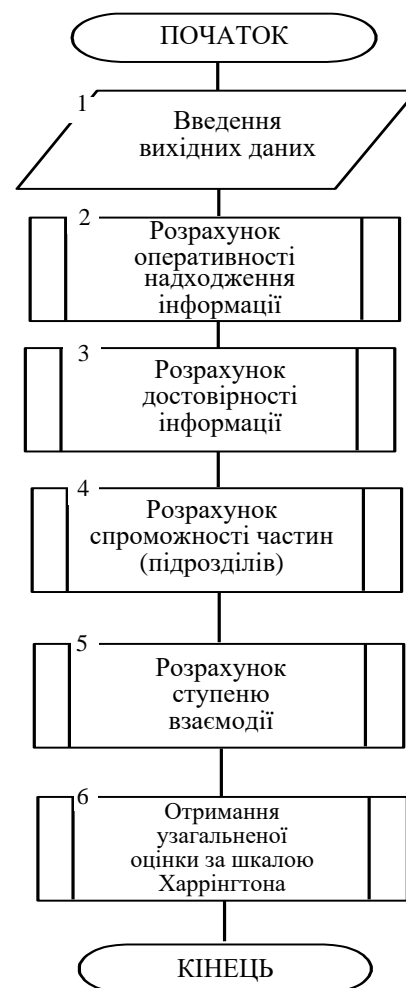


Рис.1. Алгоритм реалізації методики

Наведена методика дозволить оцінити ефективність функціонування системи збору трофейних зразків ОБТ.

Висновки

1. Досвід відсічі повномасштабної зброї агресії російської федерації на території України визначив проблемні питання щодо збору трофейних зразків ОБТ та виявив відсутність науково-методичного апарату, що дозволяє всебічно, повно та достовірно оцінити ефективність збору трофейних зразків ОБТ.

2. Проведена декомпозиція існуючої системи збору трофейних зразків ОБТ угруповань військ (сил), вивчено функціональні зв'язки між елементами системи. Це дозволило обґрунтувати показники та розробити методику оцінювання ефективності функціонування системи збору трофейних зразків ОБТ.

3. Запропонована методика:

– ґрунтується на аналітичних залежностях, що дозволяють оцінити ефективність системи збору трофейних зразків ОБТ;

– є універсальною та може бути адаптована під організаційно-штатну структуру угруповань військ (сил);

– дозволяє оцінювати систему збору трофейних зразків ОБТ за кількісними, якісними та відносними показниками, що дозволяє спростити програмну реалізацію запропонованого математичного апарату.

4. Практичну реалізацію запропонованої методики доцільно розглянути в автоматизованій системі управління логістичним забезпеченням “Логістика-ІТ”.

5. Напрямок подальших досліджень є обґрунтування рекомендацій щодо удосконалення системи збору та освоєння трофейних зразків ОБТ.

Список літератури

1. Веб-сайт. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3421939-trofejna-tehnika-znisuvativememo-okupantiv-ihnimi-z-tankami-i-snaradami.html> (дата звернення 22.12.2022).
2. Веб-сайт. URL: <https://mil.in.ua/uk/news/trofejna-tehnika-yaku-zahopyly-syly-oborony-ukrayiny-infografika/> (дата звернення 22.12.2022).
3. Веб-сайт. URL: https://zaxid.net/poltavski_mislivtsi_zabrali_v_rosiyan_desyat_tankiv_i_peredali_yih_zsu_n1538846 (дата звернення 22.12.2022).
4. Веб-сайт. URL: https://vgolos.ua/news/granatomet-vognemet-ta-granati-cholovik-sprobuvav-prodati-zbroyu-z-zoni-boyouvih-diy_1430146.html (дата звернення 22.12.2022).
5. Бандурин С. Г., Ворсин В. Ф. Деятельность советской трофейной службы в 1941–1945 гг. Военно-исторический журнал. № 12. 2018 г. С. 49–56.
6. ВКП 4-00(01).01. Доктрина Об'єднана логістика. Головне управління Логістики Генерального штабу Збройних Сил України спільно з Центральним науково-дослідним інститутом Збройних Сил України. Київ: МОУ. 2020. 47 с.
7. Про затвердження Порядку приймання Збройними Силами придатної для застосування бойової техніки держави-агресора: Постанова Кабінету Міністрів України від 15 липня 2022 р. № 802.
8. Про затвердження Інструкції з обліку військового майна у Збройних Силах України: Наказ Міністерства оборони України від 17 серпня 2017 № 440. Київ, 2017. 95 с.
9. Бойовий статут Збройних Сил України “Логістичні операції” (тактичний рівень). Одеса, 2021. 112 с.
10. Бойовий статут “Логістика Сухопутних військ Збройних Сил України” (тактичний рівень). Одеса, 2021. 164 с.
11. ВКДП 4-99(05).01. Настанова “Окремий ремонтно-відновлювальний полк”. Київ, 2020. 142 с.
12. Загорка О. М., Мосов С. П., Сбітнев А. І., Стужук П. І. Елементи дослідження складних систем військового призначення. К.: НАОУ, 2005. 100 с.
13. Военная наука: теоретический труд / Попов Н. Г., Витковский А. И., Клокотов Н. П. и др.; под ред. И. Н. Родионова. м.: Военная академия Генерального штаба ВС СССР, 1992. 192 с.
14. Абчук В. А., Матвейчук Ф. А., Томашевский Л. П. Справочник по исследованию операций. м.: Воениздат, 1978. 368 с.
15. Военная наука як фундаментальна основа наукових досліджень і підготовки фахівців вищих навчальних закладів Збройних Сил України: підручник. – Частина 1. Методологія дослідження складних систем військового призначення / Крижний А. В., Нецадим М. І., Оленович І. Ф., Сбітнев А. І. та ін.; за заг. ред. В. Б. Толубка. К.: НАОУ, 2002. 560 с.
16. Основы моделирования боевых действий войск: современные методы и технологии решения военно-специальных задач / Атрохов А. В., Вернер И. Е., Гавалко В. И. та ін.; за заг. ред. О. Ю. Пермякова. К.: НАОУ, 2004. 456 с.
17. Алтухов П. К., Афонский И. А., Рыболовский И. В., Татарченко А. Е. Основы теории управления войсками. м.: Воениздат, 1984. 221 с.
18. Богданович В. Ю., Маначинский А. Я. Методологические основы системных исследований проблем военной безопасности государства. К.: Церта-Арт, 2001. 172 с.
19. Шенон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. м.: Мир, 1978. 418 с.
20. Бусленко Н. П., Калашников В. В., Коваленко И. Н. Лекции по теории сложных систем. м.: советское радио, 1973. 440 с.

Надійшла до редколегії 26.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:**Бачурін Сергій Миколайович**

начальник Центру досліджень
трофейного та перспективного
озброєння та військової техніки,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9718-7101>

Заруба Олександр Григорович

кандидат військових наук доцент
начальник відділу Центру досліджень
трофейного та перспективного озброєння
та військової техніки,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9232-092X>

Шишацький Андрій Володимирович

кандидат технічних наук
старший дослідник
начальник відділу Центру досліджень
трофейного та перспективного
озброєння та військової техніки
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Information about the authors:**Serhii Bachurin**

Head of Research Center
for Trophy and Perspective Weapons
and Military Equipment,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9718-7101>

Oleksandr Zaruba

PhD in Military Science Associate Professor
Head of Department of Research Center
for Trophy and Perspective Weapons
and Military Equipment,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9232-092X>

Andrii Shyshatskyi

PhD in Engineering
Senior Researcher
Head of Department of Research Center
for Trophy and Perspective Weapons
and Military Equipment,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

**MAIN PROVISIONS OF THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFICIENCY
OF THE FUNCTIONING OF THE SYSTEM FOR COLLECTION OF TROPHY SAMPLES
OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT**

S. Bachurin, O. Zaruba, A. Shyshatskyi

Analysis of the experience of the russian-ukrainian war shows that the issue of collecting trophy samples of weapons and military equipment has not been investigated. This determines the relevance of conducting research on the specified issue. The article analyzes the requirements of the governing documents regarding the procedure for collecting trophy samples of weapons and military equipment. Inconsistencies in approaches to the collection of trophy samples of armament and military equipment have been identified, which must be resolved. Decomposition of the existing system of collection of trophy samples of armament and military equipment of groups of troops (forces) was carried out, functional relationships between the elements of the system were studied, which made it possible to substantiate the indicators and develop a methodology for evaluating the effectiveness of the system of collecting trophy samples of weapons and military equipment of groups of troops (forces). In the course of the mentioned study, the authors used general scientific methods of analysis and synthesis: analysis during the decomposition of the existing system of collecting trophy samples of armament and military equipment of groups of troops (forces), synthesis and evaluation of complex hierarchical systems – in the course of developing a methodology for evaluating the effectiveness of the system of collecting trophy samples of armament and military equipment of a group of troops (forces). It is advisable to use the proposed methodology in the course of assessing the capabilities of the system for collecting trophy samples of armament and military equipment of groups of troops (forces).

Keywords: trophy collection system, trophy samples of armament and military equipment, efficiency assessment, indicators and criteria.

В.В. Борщ, О.І. Вервейко, М.І. Світенко, А.О. Семироз

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

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СТАНДАРТІВ НАТО ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ ВИРОБІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Інтенсивне впровадження стандартів НАТО зумовлено курсом України на набуття повноправного членства в Організації Північноатлантичного договору. Наведено деякі результати впровадження стандартів НАТО. За результатами аналізу нормативних документів зроблено висновки щодо зміни статусу стандартів НАТО в Україні з національного на військовий та обов'язковості застосування військових стандартів на підприємствах, установах та організаціях всіх форм власності, які виконують роботи та надають послуги для потреб оборони. Виділено три групи військових стандартів, які прямо чи опосередковано регламентують вимоги щодо забезпечення єдності вимірювань при випробуваннях виробів озброєння та військової техніки, а також конкретні вимоги до них по кожній групі. Ці групи стандартів розроблені на основі угод зі стандартизації НАТО STANAG 4107, STANAG 4370 і STANAG 4704. Показані нормативно-правові засади та методологічні основи створення та функціонування системи державного гарантування якості по STANAG 4107, особливості випробувань по STANAG 4370, питання щодо впровадження STANAG 4704 в повному обсязі в Україні. Відзначено певні труднощі у запровадженні стандартів НАТО в Україні та наведено деякі шляхи їх вирішення.

Ключові слова: стандарт НАТО, військовий стандарт, державне гарантування якості, забезпечення єдності вимірювань, випробування виробів.

Вступ

Постановка проблеми. В Конституції України закріплений стратегічний курс "...на набуття повноправного членства України в Європейському Союзі та в Організації Північноатлантичного договору" [1], що потребувало проведення оборонної реформи для нарощування боєздатності військ (сил) та досягнення взаємосумісності з силами та засобами провідних країн світу. Один із напрямів цієї реформи базується "...на прискоренні реформи Збройних Сил (ЗС) України та інших складових сил оборони шляхом упровадження принципів і стандартів НАТО" [2].

Актуальність дослідження. Україна веде інтенсивні роботи щодо запровадження стандартів та інших керівних документів НАТО. Так, за інформацією Міністерства оборони (Міноборони) України, яка наведена на його офіційному веб сайту у розділі "Діяльність / Запровадження стандартів та інших керівних документів НАТО" станом на 01.11.2022 запроваджено 221 стандарт та керівний документ НАТО. У разі вчасного завершення запланованих та запропонованих робіт з опрацювання стандартів НАТО на кінець 2025 року в Міноборони, ЗС України та складових сектору безпеки і оборони може бути запроваджено (опрацьовано) 563 чинних документів НАТО.

Наказами національного органу стандартизації (Державне підприємство "Український науково-

дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості" (ДП "УкрНДНЦ")) було введено в дію 89 національних стандартів серії ДСТУ STANAG (див. "Каталог національних стандартів та кодексів усталеної практики" – <http://uas.gov.ua/natsionalnyi-fond-nd/kataloh-natsionalnykh-standartiv-ta-k/>). Однак з 01.01.2022 усі національні стандарти серії ДСТУ STANAG скасовані наказами ДП "УкрНДНЦ", в яких однією з головних причин такого рішення вказано зміни до закону "Про оборону України" [3]. Згідно з цим законом, в Україні "до військових стандартів також належать стандарти НАТО та стандарти у сфері оборони держави-члена НАТО". Таким чином, статус стандартів НАТО в Україні змінено з національного на військовий.

Органом військової стандартизації, яким згідно з [4] є Управління стандартизації, кодифікації та каталогізації (УСКК) Міноборони України, на 01.12.2022 введено в дію 114 військових стандартів на основі стандартів та керівних документів НАТО (див. "Перелік документів НАТО, які запроваджені в Міністерстві оборони України, Збройних Силах України та інших складових сил безпеки і оборони" – https://www.mil.gov.ua/content/mil_standard/List_of_implemented_NATO_standards.pdf). Більшість військових стандартів на основі стандартів НАТО прийняті до прямого застосування (методом "підтвердження"), тому вони представлені офіційними мовами НАТО – англійською та

французькою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтенсивне впровадження стандартів НАТО зумовило помітну кількість публікацій, в яких обговорюються особливості та проблемні питання цього процесу.

Робота [5] присвячена проблемам створення інтегрованої системи управління якістю підприємства, які виникли через необхідність інтегрування вимог стандартів НАТО серії AQAP 2000 до вимог стандарту ISO 9001. Проаналізовано недоліки та переваги таких систем. Наведено схему постачань продукції замовнику, в якій присутні сертифікація системи управління якістю виробника (постачальника) зовнішнім органом з оцінки відповідності, контроль за якістю продукції військовим представництвом та державне гарантування якості (ДГЯ). Проаналізовано деякі специфічні вимоги стандартів серії AQAP 2000. Зазначено, що на підприємстві повинна функціонувати система метрологічного забезпечення згідно стандарту ДСТУ ISO 10012. При застосуванні результатів цієї статті слід врахувати, що в ній розглянуто деякі стандарти серії AQAP 2000 і тому не виділено низку вимог щодо забезпечення єдності вимірювань (ЗЄВ), а також зміну в даний час нормативно-правових засад та методологічних основ створення і функціонування системи ДГЯ.

У статті [6] розглянуті питання застосування міжнародних нормативних та нормативно-технічних документів, зокрема стандартів НАТО, під час проведення випробувань виробів ОВТ. Зазначені певні труднощі у співробітництві України з НАТО в сфері стандартизації: відмінність організаційних структур систем стандартизації та структур фондів стандартів, розбіжності у тлумаченні військових та технічних термінів, низький рівень знання англійської мови серед українських військових. Однак особливості застосування стандартів НАТО у сфері ЗЄВ не розглядаються.

Стаття [7] присвячена особливостям ЗЄВ випробувань, зокрема, відповідно до стандартів НАТО з гарантування/забезпечення якості (STANAG 4107) та вимог до методів та порядку проведення різного виду випробувань виробів озброєння та військової техніки. Однак не проаналізовані в достатньому обсязі особливості впровадження стандартів НАТО щодо ЗЄВ.

Проблеми створення системи ДГЯ оборонної продукції відповідно до стандартів НАТО проаналізовано в роботі [8]. Вказані нормативні документи, які вимагають створення системи ДГЯ, визначено основні напрямки створення національної системи ДГЯ згідно зі стандартами НАТО, а також запропоновано низку заходів щодо вирішення

проблем забезпечення якості продукції та послуг оборонного призначення. Однак результати роботи потребують додаткового осмислення на сучасному етапі.

Мета статті – в аналізі нормативно-правових актів щодо впровадження та застосування на сучасному етапі стандартів НАТО у сфері ЗЄВ при випробуваннях та виявленні особливостей та складнощів цих процесів.

Виклад основного матеріалу

Зміна статусу стандартів НАТО в Україні на військові стандарти потребує з'ясування їх сфери застосування згідно з нормативними документами.

Згідно з визначенням терміну “військовий стандарт” у законі [3] та у військовому стандарті [9], він призначений для застосування у сфері оборони. Однак у вказаному стандарті зазначено, що “ВСТ 01.001.002 передбачено для застосування у всіх складових сектору безпеки і оборони”. Аналогічна сфера застосування стандартів НАТО вказана на офіційному веб-сайті Міністерства оборони України у розділі ДІЯЛЬНІСТЬ / Запровадження стандартів та інших керівних документів НАТО. Таким чином, сферою застосування військових стандартів зазначені всі складові сектору безпеки і оборони. За результатами аналізу визначення терміну “сектор безпеки і оборони” в Законі України “Про національну безпеку України” [10] виникає питання щодо обґрунтованості та/або обов'язковості застосування військових стандартів на основі стандартів НАТО під час випробувань ОВТ на деяких цивільних підприємствах та організаціях. Відповідь на вказане запитання зазначено у “Положенні про військову стандартизацію”, яке затверджено наказом Міністерства Оборони України, погоджено з 21 установою та організацією, зареєстровано в Міністерстві юстиції України і тому його текст представлений на Офіційному вебпорталі парламенту України у розділі “Законодавство України”: “до суб'єктів військової стандартизації відносяться ... підприємства, установи та організації всіх форм власності, які виконують роботи та надають послуги для потреб оборони”.

Аналіз та узагальнення військових стандартів, які розроблені на основі публікацій НАТО і регламентують ЗЄВ при випробуваннях виробів ОВТ, а також врахування досвіду проведення різного виду випробувань дозволили виділити три групи військових стандартів.

В першу групу входять сім військових стандартів України серії ВСТ 01.057.XXX “Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення” [11] на основі угоди STANAG 4107 “Mutual acceptance of government quality assurance and usage

of the allied quality assurance publications (AQAP)” [12], які прийняті методом “підтвердження”.

До другої групи належать дев'ять військових стандартів серії ВСТ 01.055.XXX “Озброєння та військова техніка. Випробування” [13] на основі угоди STANAG 4370 “Environmental testing” [14], які також прийняті методом “підтвердження”.

Остання група – стандарт ВСТ 03.210.030 “Метрологічне забезпечення. Вимоги НАТО до підтвердження результатів калібрування випробувального та вимірювального обладнання” [15] на основі угоди STANAG 4704 “NATO requirements for calibration support of test and measurement equipment” [16]. Цей стандарт розроблено методом перекладу з англійської мови з метою “покращення співпраці та взаємосумісності між збройними силами країн НАТО та країн-партнерів стосовно випробувального та вимірювального обладнання, в тому числі під час виконання завдань спільних операцій та навчань”.

Обороздатність держави, боєздатність та боєготовність Збройних Сил України значною мірою залежать від якості виробів ОВТ. Тому в Україні помітну увагу надають впровадженню STANAG 4107 “Взаємне визнання державного гарантування якості та застосування союзних публікацій з гарантування/забезпечення якості”. Так “Річна національна програма під егідою Комісії Україна-НАТО на 2021 рік” одним із пріоритетних завдань встановила “прийняття нормативно-правового акта щодо приєднання України до Угоди НАТО зі стандартизації STANAG 4107 (термін виконання – 2023 рік)” для чого, зокрема, необхідно забезпечити функціонування “системи державного гарантування якості продукції оборонного призначення” [17]. Крім того, у Законі України “Про оборонні закупівлі” [18] для системи ДГЯ продукції оборонного призначення визначені нормативно-правові засади та методологічні основи її створення та функціонування, які набирають чинності після утворення уповноваженого органу з ДГЯ, прийняття відповідних військових стандартів та їх затвердження. Також розпорядженням Кабінету Міністрів України схвалено “Концепцію створення системи державного гарантування якості товарів, робіт і послуг оборонного призначення” [19]. Крім того Кабінетом Міністрів України визначено Міністерство оборони України уповноваженим органом з ДГЯ [20], затверджено “Порядок здійснення контролю за якістю товарів, робіт і послуг оборонного призначення на всіх етапах їх розроблення, виробництва, модернізації, ремонту та утилізації, а також за цільовим використанням коштів” [21].

В Міноборони України також проводились заходи за цим напрямком: було затверджено

“Положення про Департамент державного гарантування якості Міністерства оборони України” [22], визначено таким, що втратило чинність “Положення про Управління військових представництв Міністерства оборони України” [22] та затверджено “Положення про Управління представництва замовника” [23], згідно якому Управління представництва замовника перебуває у підпорядкуванні Департаменту державного гарантування якості Міноборони України. УСКК Міноборони України прийняло та затвердило сім стандартів серії “Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення”.

З наведених документів можна зробити висновок про створення, в основному, системи ДГЯ, тому доцільно виділити ті методологічні основи, які слід враховувати або застосовувати щодо ЗЄВ при випробуваннях виробів ОВТ:

– державне гарантування якості – встановлення Департаментом ДГЯ Міноборони України відповідності процесів забезпечення якості товарів, робіт і послуг оборонного призначення вимогам державних контрактів (договорів);

– заходи щодо ДГЯ здійснюються, якщо державним замовником встановлено відповідні вимоги та проведено аналіз ризиків, результати якого доводять необхідність застосування механізму ДГЯ;

– заходи ДГЯ можуть здійснюватися на будь-якому етапі виконання державного контракту (договору);

– виконавці державних контрактів (договорів) зобов'язані забезпечити безперешкодний доступ представників уповноваженого органу з ДГЯ для забезпечення здійснення ними своїх повноважень до всіх документів, процесів та інформації, пов'язаних з виконанням державного контракту (договору) [18];

– Департамент ДГЯ Міноборони України, згідно з [22], здійснює на договірних засадах оцінку відповідності систем менеджменту якості виробників/постачальників продукції оборонного призначення вимогам нормативних документів (стандартів) з ДГЯ, зокрема ВСТ 01.057.004 “Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення. Вимоги щодо якості проектування, розробки та виробництва (STANAG4107 Ed 11/AQAP-2110 Ed D)” та забезпечує видачу в порядку, установленому Міноборони, сертифікатів відповідності, якщо система менеджменту якості відповідає вимогам стандартів. До введення в дію ВСТ 01.057.004, застосовували ДСТУ STANAG 4107:2018 (STANAG 4107 Ed:10/AQAP-2110 Ed. D Ver. 1, IDT), для впровадження якого, Національне агентство з акредитації України проводило роботи з первинної акредитації, повторної оцінки та розширення сфери акредитації з включенням цього стандарту для

органів з сертифікації систем менеджменту, акредитованих на відповідність ДСТУ EN ISO/IEC 17021-1. В теперішній час виникає питання щодо правомірності використання виданих органом з сертифікації систем менеджменту сертифікатів відповідності, термін дії яких не закінчився;

– Управління представництва замовника призначене для організації та виконання заходів з ДГЯ, контролю якості товарів, робіт і послуг оборонного призначення, зокрема: здійснює контроль за якістю розроблення, виготовлення (виробництва), модернізації, монтажу і ремонту, постачання науково-технічної продукції, ОВТ підприємствами, установами і організаціями всіх форм власності для потреб Збройних Сил України; бере участь в організації проведення державних та інших випробувань виробів ОВТ; бере участь у проведенні аудитів виробників/постачальників товарів оборонного призначення, за результатами яких проводить аналіз та оцінку відповідності функціонування, результативності і ефективності ДГЯ об'єктів аудиту прийнятим стандартам;

– військові стандарти серії ВСТ 01.057.XXX “Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення” регламентують, зокрема, вимоги до ЗСВ.

Відокремимо основні вимоги до ЗСВ, що викладені в стандартах серії ВСТ 01.057.XXX:

– система вимірювань та калібрування, яка застосована при виконанні контракту, повинна відповідати вимогам ISO 10012 [24], на основі якого методом тотожного перекладу розроблено та введено в дію національний стандарт України ДСТУ ISO 10012 [25];

– постачальник повинен зберігати документально підтверджену інформацію про верифікацію та/або валідацію придбаної продукції [26];

– постачальник повинен забезпечити метрологічне підтвердження всіх пристроїв, які використовують для випробувань та остаточного контролю [27].

Впровадження системи ДГЯ при виконанні контракту обумовлює деякі особливості застосування вказаних вимог, наприклад:

– постачальник повинен розробляти план якості, в якому наведено процеси, що використовують для забезпечення відповідності процедур вимірювання і вимірювального обладнання зазначеним вимогам, та розкрито систему управління вимірюваннями, яка включає метрологічну службу, процеси вимірювання та процес метрологічного підтвердження [28];

– якщо виявлено, що пристрій не пройшов чергове калібрування або несправний, а також якщо є виробни, на які це впливає, то представник системи

ДГЯ та/або покупець повинні бути проінформовані про це з урахуванням вже поставленої продукції [27].

Основною метою даної роботи є формування вимог щодо ЗСВ випробувань виробів ОВТ стандартам НАТО, тому необхідно розглянути військові стандарти України на основі угоди зі стандартизації STANAG 4370 “Environmental testing (Випробування на вплив зовнішніх факторів)”. В Україні з вересня 2021 року введено в дію 8 військових стандартів серії ВСТ 01.055.XXX “Озброєння та військова техніка. Випробування” [13], які регламентують випробування ОВТ на вплив зовнішніх чинників: кліматичних, механічних, електричних та електромагнітних. Ці стандарти в цілому займають більш трьох тисяч сторінок тексту і визначають методи випробувань, а також параметри і характеристики зовнішніх факторів, які були зібрані з існуючих джерел в країнах НАТО в методиках, процедурах, програмах для різних категорій і видів випробувань. Вказані стандарти повинні сприяти розробці комплексного та економічно ефективного набору випробувань на вплив зовнішніх чинників.

Вивчення та узагальнення підходів до ЗСВ цих випробувань дозволили виділити основні принципи:

– сумарна похибка (невизначеність) вимірювання всієї системи випробувань, включаючи статистичні помилки, не повинна перевищувати однієї третини від встановленого допуску вимірюваного параметру;

– вимірювальне та випробувальне обладнання повинно бути відкаліброване відповідно до вимог стандартів, які забезпечують простежуваність до національних еталонів;

– інтервали калібрування повинні відповідати вимогам ANSI NCSL Z540-1 або ISO 10012-1.

Угода зі стандартизації STANAG 4704 “NATO requirements for calibration support of test & measurement equipment” є одним із основних документів у сфері метрології та метрологічної діяльності в НАТО.

В Україні з метою впровадження STANAG 4704 було введено в дію:

– з 01.12.2018 національний стандарт ДСТУ STANAG 4704:2018 (STANAG 4704 Ed:2/ALogP-33 Ed. A Ver. 1, IDT) “Вимоги НАТО щодо метрологічного забезпечення засобів випробування та вимірювальної техніки”;

– з 10.10.2019 військовий стандарт ВСТ 03.210.030 “Метрологічне забезпечення. Вимоги НАТО до підтвердження результатів калібрування випробувального та вимірювального обладнання (STANAG 4704, NATO requirements for calibration support of test & measurement equipment, MOD)”.

Таким чином, обидва стандарти мають на

англійській мові однакову назву, переклад якої в назвах національного та військового стандартів суттєво відрізняється.

Аналіз військового стандарту ВСТ 03.210.030 показав, що його зміст відповідає назві та публікаціям НАТО серії AlogP 33, які передбачені STANAG 4704. Він регламентує українською мовою єдині норми та правила до підтвердження калібрування випробувального та вимірювального обладнання, що прийняті в країнах НАТО, наводить “Перелік координаційних центрів з питань випробувань та вимірювання/калібрування країн-учасниць та агенцій НАТО” та методи для визначення відповідного інтервалу калібрування випробувального та вимірювального обладнання. Це помітно спрощує розробку, оформлення та застосування калібрувальної документації. Однак у змісті цього стандарту втрачено основну мету STANAG 4704 – відповідність взаємосумісності “наданням послуг калібрування засобів випробування та вимірювальної техніки відповідно до ISO 17025”.

В тексті ВСТ 03.210.030 виявлено деякі неточності при його викладі та складності для практичного застосування:

- у розділі “Нормативні посилання” приведені позначки документів, на які повинні бути посилання в тексті стандарту. Проте такі посилання відсутні;

- введено визначення терміну “калібрування” по “International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms” (JCGM 200:2012), який в Україні не діє. Це визначення суттєво відрізняється від визначення по Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність”;

- у “Зразку сертифікату калібрування” у розділі 7 не наведено результати оцінки відповідності об’єкту калібрування.

На офіційному веб-сайті Міністерства оборони України у розділі ДІЯЛЬНІСТЬ / Запровадження стандартів та інших керівних документів НАТО (https://www.mil.gov.ua/content/mil_standard/List_of_implemented_NATO_standards.pdf) зазначено, що STANAG 4704 запроваджено військовим стандартом ВСТ 03.210.030.

Згідно із законами України “Про оборону України” та “Про оборонні закупівлі”:

- наказами національного органу стандартизації ДП “УкрНДНЦ” з 01.01.2022 національні стандарти серії ДСТУ STANAG скасовані;

- підтверджувальними повідомленнями УСКК Міноборони України методом “підтвердження”, прийняло ряд угод зі стандартизації STANAG як військові стандарти. Однак нові військові стандарти щодо впровадження STANAG 4704 відсутні.

Наведена інформація не дозволяє зробити однозначний висновок щодо впровадження STANAG 4704 в повному обсязі в Україні.

Для впровадження STANAG 4704 доцільно внести зміни у військовий стандарт ВСТ 03.210.030:

- встановити назву українською мовою “Вимоги НАТО щодо метрологічного забезпечення засобів випробування та вимірювальної техніки”, як і у скасованому національному стандарті ДСТУ STANAG 4704;

- з урахуванням особливостей угоди зі стандартизації STANAG 4704 ввести новий розділ, в якому вказати вимоги щодо взаємосумісності (INTEROPERABILITY REQUIREMENTS), зокрема, “надавати послуги калібрування засобів випробування та вимірювальної техніки у відповідності з ISO 17025”.

Відзначимо певні труднощі у запровадженні стандартів НАТО в Україні:

- особливості системи стандартизації в НАТО. Основу системи складають угоди зі стандартизації STANAG (standardization Agreement), які покликані забезпечити взаємодію між різними видами збройних сил, збройними силами різних країн для досягнення взаємосумісності. Угода містить розділ INTEROPERABILITY REQUIREMENTS, у якому, зазвичай, регламентовані в загальному вигляді вимоги щодо взаємосумісності. Для виконання цих вимог країни-учасниці НАТО погоджуються впровадити стандарти, перелік яких наведений у розділі STANDARD. Однак деякі STANAG містять конкретні вимоги щодо взаємосумісності, тому застосування лише стандартів, перелік яких наведено у розділі STANDARD цього документа, призводить до виникнення питань щодо суті впровадження такої угоди зі стандартизації (наприклад STANAG 4704);

- всі військові стандарти серій ВСТ 01.055.XXX і ВСТ 01.057.XXX прийняті методом “підтвердження” стандартів НАТО, які представлені офіційними мовами НАТО – англійською та французькою (<https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/list-promulg>);

- зазвичай низький рівень знання офіційних мов НАТО у користувачів стандартів. Для усунення цієї проблеми, зокрема, “Річна національна програма під егідою Комісії Україна-НАТО на 2021 рік” потребує “введення в дію вимоги щодо призначення військовослужбовців на посади штатно-посадових категорій “майор та вище” за умови володіння такими військовослужбовцями англійською/французькою мовою на рівні не нижче SMP-2 за стандартом НАТО STANAG 6001”;

- при перекладі стандартів необхідно добре знати мову і розуміти сутність технічної проблеми. Як позитивний приклад можна навести стандарт у

сфері метрологічного забезпечення ВСТ 03.210.030, переклад якого здійснили фахівці Центрального управління метрології і стандартизації Збройних Сил України спільно з Метрологічним центром військових еталонів;

– розбіжності у тлумаченні військових та технічних термінів – для усунення слід застосовувати військовий стандарт ВСТ 01.001.009, який містить глосарій аббревіатур, що використовуються в документах та публікаціях НАТО [29];

– наявність невідповідності між документами “Каталог національних стандартів та кодексів ustalеної практики” (див. <http://katalog.uas.org.ua/>) та базою “Військові стандарти України” (див. <https://milstand.knu.ua/ua/pages/26>). У “Каталозі національних стандартів та кодексів ustalеної практики” вказані не всі військові стандарти з бази даних “Військові стандарти України”, якими замінено скасовані національні стандарти.

В Україні з урахуванням вимог стандартів НАТО у сфері метрології проводяться роботи з розробки та впровадження нормативних документів:

– розроблено та введено в дію військовий стандарт ВСТ 01.210.032-2021 (01) “Забезпечення єдності вимірювань. Організація метрологічного забезпечення випробувань дослідних зразків виробів озброєння та військової техніки” [30];

– розроблено проекти національних стандартів ДСТУ В-П 15.901:201X “Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Метрологічне забезпечення. Основні положення” [31] та ДСТУ В 15.009:20XX “Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Керування якістю. Основні положення” [32].

Повідомлення про розроблення національних стандартів розміщено на офіційному веб-сайті національного органу стандартизації ДП “УкрНДНЦ”. Нажаль, стандарт ДСТУ В-П 15.901 перебуває на розгляді та затвердженні з квітня 2020 року.

Висновки

Статус стандартів НАТО в Україні змінено з національного на військовий. Військові стандарти повинні застосовувати підприємства, установи та організації всіх форм власності, які виконують роботи та надають послуги для потреб оборони. Виділено три групи військових стандартів, які прямо чи опосередковано регламентують вимоги щодо ЗСВ при випробуваннях виробів ОВТ, а також узагальнено ці вимоги. Проаналізовано методологічні основи функціонування системи ДГЯ та наведено деякі особливості та труднощі застосування стандартів НАТО в Україні.

Список літератури

1. Конституція України. *Відомості Верховної Ради України*. 1996. № 30. ст. 141. 33 с.
2. Стратегія воєнної безпеки України: Указ Президента України від 25 березня 2021 р. № 121/2021. 19 с.
3. Про оборону України: Закон України від 06 грудня 1991 р. № 1933-ХІІ. *Відомості Верховної ради*. 1992. № 9. ст. 106. 15 с.
4. Про питання військової стандартизації: Наказ Міністерства оборони України від 24 лютого 2020 р. № 56.
5. Немченко О. В., Кисилевська А. Ю., Костенко В. Л. Інтеграція вимог стандартів НАТО серії AQAP 2000 у систему управління якістю підприємства з виробництва військової техніки. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2020. №4(164). С. 42–52. <https://doi.org/10.32620/akt.2020.4.13>.
6. Лапко І. М., Добришкін Ю. М., Геращенко М. О., Червотока О. В., Сокоринська Н. В. Проблемні питання нормативно-технічного забезпечення проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2019. Вип. 2(2). С. 112–118. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.2.2019.15>.
7. Борщ В. В., Аркушенко П. Л., Вервейко О. І., Коваленко А. В., Семірозов А. О. Деякі особливості метрологічного забезпечення випробувань озброєння та військової техніки відповідно до стандартів НАТО та провідних країн світу. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2019. Вип. 2(2). С. 33–40. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.2.2019.05>.
8. Кулагін К. К., Шевченко І. І., Солонець О. І., Шевченко І. А., Кошель А. В., Петров С. В. Проблеми створення системи державного гарантування якості оборонної продукції відповідно до стандартів НАТО. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2018. № 4(111). С. 42–52.
9. ВСТ 01.001.002 – 2020 (02). Військова стандартизація. Терміни та визначення. [Чинний від 2020-03-01]. К.: УСКК, 2020. 38 с.
10. Про національну безпеку України: Закон України від 21 червня 2018 р. № 2469-VIII. *Відомості Верховної ради*. 2018. № 31. ст. 241. 19 с.
11. ВСТ 01.057.XXX – 2021 (01) (7 частин). Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення. [Чинний від 2021-11-22]. К.: УСКК, 2021.
12. STANAG 4107 Ed 11. Mutual acceptance of government quality assurance and usage of the allied quality assurance publications (AQAP). ED:11. [Чинний від 28-11-2019]. Brussels: NSO. 5 с.
13. ВСТ 01.055.XXX – 2021 (01) (9 частин). Озброєння та військова техніка. Випробування. [Чинний від 2021-15-08]. К.: УСКК, 2021.
14. STANAG 4370 Ed 7. Environmental testing. [Чинний від 28-11-2019]. Brussels: NSO. 5 с.

15. ВСТ 03.210.030 – 2019 (01). Метрологічне забезпечення. Вимоги НАТО до підтвердження результатів калібрування випробувального та вимірювального обладнання (STANAG 4704 NATO REQUIREMENTS FOR CALIBRATION SUPPORT OF TEST & MEASUREMENT EQUIPMENT, MOD). [Чинний від 2019-10-10]. К.: УСКК, 2019. 28 с.
16. STANAG 4704 Ed 2. NATO requirements for calibration support of test and measurement equipment / Edition 2. [Чинний від 2017-12-01]. Brussels: NSO, 2017. 6 с.
17. Річна національна програма під егідою комісії Україна-НАТО на 2021 рік: Указ Президента України від 10 квітня 2021 р. № 117/2021. 73 с.
18. Про оборонні закупівлі: Закон України від 17 липня 2020 р. №808-IX. *Офіційний вісник України*. 2020. № 67. С. 223. ст. 96. 25 с.
19. Концепція створення системи державного гарантування якості товарів, робіт і послуг оборонного призначення: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 листопада 2022 р. № 976-р.
20. Про уповноважений орган з державного гарантування якості: Постанова Кабінету Міністрів України від 28 липня 2021 р. № 622.
21. Про затвердження Порядку здійснення контролю за якістю товарів, робіт і послуг оборонного призначення на всіх етапах їх розроблення, виробництва, модернізації, ремонту та утилізації, а також за цільовим використанням коштів: Постанова Кабінету Міністрів України від 16 червня 2021 р. № 781.
22. Про затвердження Положення про Департамент державного гарантування якості Міністерства оборони України: Наказ Міністерства оборони України від 16 грудня 2021 р. № 383.
23. Про затвердження Положення про Управління представництва замовника: Наказ Міністерства оборони України від 08 лютого 2022 р. № 39.
24. ISO 10012:2003. Measurement management systems. Requirements for measurement processes and measuring equipment. [Чинний від 15-04-2003]. Geneva: ISO. 19 с.
25. ДСТУ ISO 10012:2005. Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання. [Чинний від 2007-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 27 с. (Національний стандарт України).
26. ВСТ 01.057.007 – 2021 (01). Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення. Вимоги до гарантування якості для постачальників авіаційної, космічної та оборонної продукції (STANAG 4107 Ed. 11 / AQAP-2310 Ed. B, NATO QUALITY ASSURANCE REQUIREMENTS FOR AVIATION, SPACE AND DEFENCE SUPPLIERS, IDT). [Чинний від 2021-11-22]. К.: УСКК, 2021. 34 с.
27. ВСТ 01.057.005 – 2021 (01). Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення. Вимоги до якості прийнятно-здавальних випробувань (STANAG 4107 Ed. 11 / AQAP-2131 Ed. C, NATO QUALITY ASSURANCE REQUIREMENTS FOR FINAL INSPECTION AND TEST, IDT). [Чинний від 2021-11-22]. К.: УСКК, 2021. 28 с.
28. ВСТ 01.057.003 – 2021 (01). Якість товарів, робіт і послуг оборонного призначення. Вимоги до планів забезпечення якості (STANAG 4107 Ed. 11 / AQAP-2105 Ed. C, NATO REQUIREMENTS FOR QUALITY PLANS, IDT). [Чинний від 2021-11-22]. К.: УСКК, 2021. 28 с.
29. ВСТ 01.001.009 – 2021 (01). Військова стандартизація. Глосарій аббревіатур, що використовуються в документах та публікаціях НАТО (AAP-15 (2016), MOD). [Чинний від 2017-09-14]. К.: УСКК, 2017. 353 с.
30. ВСТ 01.210.032 – 2021 (01). Забезпечення єдності вимірювань. Організація метрологічного забезпечення випробувань дослідних зразків виробів озброєння та військової техніки. [Чинний від 2021-03-01]. К.: УСКК, 2021. 34 с.
31. ДСТУ В-П 15.901:20XX. Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Метрологічне забезпечення. Основні положення. К.: ДП УкрНДНЦ, 41 с. (Національний стандарт України) (проект).
32. ДСТУ В 15.009:20XX. Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Керування якістю. Основні положення. К.: ДП УкрНДНЦ, 207 с. (Національний стандарт України) (проект).

Надійшла до редколегії 22.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Борщ Вячеслав Вікторович
начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8851-4553>

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

Information about the authors:

Vyacheslav Borshch
Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military
Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-8851-4553>

Olexander Verveyko
PhD in Engineering
Leading Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military
Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7951-2169>

Світенко Микола Іванович

кандидат технічних наук
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4394-0794>

Семироз Андрій Олегович

старший науковий співробітник –
старший інженер-випробувач
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3249-639X>

Mykola Svitenko

PhD in Engineering
Leading Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4394-0794>

Andrii Semiroz

Senior Researcher –
senior test engineer
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3249-639X>

SOME FEATURES OF THE APPLICATION OF NATO STANDARDS REGARDING ENSURING THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS DURING TESTING OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT

V. Borshch, O. Verveiko, M. Svitenko, A. Semiroz

The intensive implementation of NATO standards is due to Ukraine's course towards full membership in the North Atlantic Treaty Organization. Some results of the implementation of NATO standards are given.

The results of organizational and regulatory measures carried out to ensure unity of measurements carried out at the present time, as well as a change in the regulatory and methodological foundations of the creation and functioning of the state system of quality assurance are shown. The purpose of the work is to analyze regulatory acts on the implementation and application of NATO standards at the present stage in the field of ensuring unity of measurement in testing and identifying the features and complexities of these processes. Based on the results of the analysis of regulatory documents, conclusions were drawn regarding the change in the status of NATO standards in Ukraine from national to military and the mandatory application of military standards to enterprises, institutions and organizations of all forms of ownership that perform work and provide services for defense needs. Three groups of military standards have been singled out, which directly or indirectly regulate the requirements for ensuring the unity of measurements during testing of armament and military equipment, as well as specific requirements for them for each group. These groups of standards were developed on the basis of the NATO standardization agreements STANAG 4107, STANAG 4370 and STANAG 4704. The regulatory and legal principles and methodological foundations of the creation and operation of the state system of quality assurance according to STANAG 4107, the features of tests according to STANAG 4370, and issues related to the implementation of STANAG 4704 in full in Ukraine. Certain difficulties in the implementation of NATO standards in Ukraine are noted and some ways to solve them are given.

Keywords: NATO standard, military standard, state quality assurance, ensuring unity of measurements, product testing.

С.П. Буряк¹, С.М. Гулий²

¹Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ

²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЛИ НА РОЗВИТОК ОСНОВНИХ БОЙОВИХ ТАНКІВ РАДЯНСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА (1991 – 2022 рр.)

У статті розкрито комплекс факторів, які впливали на зміст та спрямованість програм модернізації основних танків Т-64, Т-72, Т-80 в Україні. Особливу роль у цьому процесі відігравали декілька надважливих факторів, серед яких провідними були досвід бойового застосування основних танків, кількісно-якісний стан танкового парку Збройних Сил України, спроможність танкобудівної і танкоремонтної галузі України щодо розроблення та реалізації програм модернізації танків та досвід іноземної модернізації даних типів танків, що в повній мірі вплинуло на розвиток основних танків Збройних Сил України. Встановлено, що, незважаючи на суттєві економічні складнощі та зміни поглядів вищого військово-політичного керівництва України на роль танків у сучасній збройній боротьбі, Україна зберегла спроможності забезпечувати свої Збройні Сили необхідною кількістю танків, що в цілому відповідають вимогам сьогодення.

Ключові слова: модернізація, основний танк, танкобудівний завод, танкоремонтний завод, озброєння і військова техніка, гармата, снаряд, двигун, комплекс динамічного захисту, моторно-трансмісійне відділення, протитанкова зброя.

Вступ

Постановка проблеми. Досвід воєнних конфліктів ХХ – ХХІ століть свідчить про зростання ролі танкових військ як основної ударної сили сухопутної компоненти збройних сил. Ця теза в черговий раз була підтверджена під час відсічі широкомасштабної агресії російської федерації у 2022 році. Відомо, що військово-політичне керівництво України приклало значні зусилля для отримання згоди від своїх західних союзників щодо надання сучасних танків.

Водночас, у світі та й в Україні ще не вичерпані запаси основних танків, розроблених в СРСР. Зрозуміло, що ці танки, розроблення яких почалось наприкінці 1950-х років, потребують суттєвого оновлення та приведення до вимог сучасного бою.

Модернізація радянських танків тривала, починаючи зі створення Збройних Сил (ЗС) України. Вивчення змісту та спрямованості програм модернізації основних танків в Україні потребує визначення основних факторів, що впливали на цей процес, адже без їх усвідомлення встановити причинно-наслідкові зв'язки, характерні для розроблення та реалізації модернізаційних програм, неможливо. Водночас, аналіз публікацій, присвячених розвитку бронетанкової техніки, свідчить, що ця тема як у вітчизняній, так і іноземній літературі висвітлена недостатньо, що й визначає актуальність обраної теми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемні питання розвитку і модернізації танків розкриті в працях Апухтина Ю. [1], Путяти Д. [2], Жирохова М. [3] та ін. В основному ці фахівці зазначають, що танки, розроблені та виготовлені на підприємствах радянської епохи, є унікальними. Відзначається революційна для свого часу концепція цих машин, що поєднали в собі якості як важкого танка прориву (найбільший броньовий захист, потужне великокаліберне озброєння) та середнього танку (висока швидкість, маневреність, автономність). Вказані автори відзначають значний модернізаційний потенціал танків. Проте, автор публікації констатує, що інформація щодо застосування танків у бойових діях під час проведення АТО/ООС розпорошена у багатьох працях, при цьому узагальнюючої праці, в якій розкрито це питання, дотепер немає. Разом з тим, при розкритті даної теми автор статті спирався на власний досвід експлуатації танків і командування танковими підрозділами ЗС України, набраний як у мирний час, так і під час виконання бойових завдань у 2014 – 2017 роках.

Однак, аналіз вітчизняної та іноземної літератури, присвяченої історії танкобудівництва, свідчить про те, що проблематика розвитку основних танків типів Т-64, Т-72 та Т-80 в Україні у пострадянський період на сьогодні розкрита недостатньо. При доволі значній кількості публікацій, вона висвітлювалась доволі фрагментарно, що не дає змогу розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо обрання раціональних шляхів оновлення танкового парку ЗС

України.

Метою статті є встановлення та аналіз факторів, які впливали на процес розвитку основних танків Т-64, Т-72, Т-80, що знаходилися на озброєнні ЗС України в період з 1991 до 2022 років.

Виклад основного матеріалу

Під час дослідження розвитку озброєння і військової техніки одним із ключових завдань є встановлення сукупності факторів, що вирішальним чином впливали на зміст та спрямованість цього процесу. У повній мірі це стосується і розвитку основних танків, що перебували на озброєнні Збройних Сил (ЗС) України в період з 1991 року до сьогодення. Ці фактори визначали як потребу у підвищенні тих або інших характеристик даних бойових машин, так і можливості щодо їх модернізації. Саме встановлення цих факторів є необхідною умовою для розуміння та пояснення тих фактів, що супроводжували процеси розвитку танків в Україні.

На розвиток основних танків в Україні впливав комплекс факторів, серед яких провідну роль відігравали:

- склад та стан танкового парку ЗС України у період з 1991 по 2022 роки;
- стан та можливості української танкобудівної промисловості;
- досвід бойового застосування основних танків Т-64, Т-72 і Т-80 у воєнних конфліктах;
- іноземний досвід модернізації основних танків даних типів.

На території України до складу трьох військових округів (Прикарпатський, Київський та Одеський) входили чотири загальновійськові, дві танкові армії і один армійський корпус, на озброєння яких перебувало достатньо сучасне озброєння та військова техніка, зокрема танки типів Т-64, Т-80, що склали основу майбутніх танкових військ ЗС України. Ці танки виготовлялися в Україні на заводі імені Малишева у Харкові, що значно полегшувало їх експлуатацію та, за необхідністю, й застосування [1; 2, с. 20; 3, с. 729]. На момент проголошення незалежності, Україна мала танків Т-64 – 2100 одиниць, Т-72 – 1000 одиниць, Т-80 – 300 одиниць. З них тогочасним вимогам задовольняли: Т-64БВ – 528 одиниць, Т-72Б – 40 одиниць, Т-80БВ, Т-80УД – 68 одиниць. Танки типів Т-53/55 і Т-62 вже на той час вважались застарілими і фізично і морально, проте їх кількість складала 2900 одиниць. Вони перебували, головним чином, на довгостроковому зберіганні і у подальшому значна їх частина була продана в інші країни [4].

Враховуючи можливості оборонної промисловості та потреби ЗС України, воєнно-

політичним керівництвом держави у 1992 році було прийнято в цілому раціональне рішення щодо залишення на озброєнні ЗС України танки сімейств Т-64Б, Т-64БВ та Т-80УД. Танки даних модифікацій серійно випускалися на промислових підприємствах України, були достатньо сучасними та складали основу танкового парку Сухопутних військ [5].

Сприяли скороченню танкового парку і погляди воєнно-політичного керівництва України на загрози національній безпеці у воєнній сфері, напрями розвитку форм і способів збройної боротьби та роль танкових військ у ній. Так, якщо у Державній програмі реформування та розвитку ЗС України у разі виникнення регіональної (локальної) війни вони мали виконувати такі оборонні завдання, як захист суверенітету і територіальної цілісності України та відбиття збройної агресії і створення вигідних умов для укладання миру, то у Державній програмі розвитку ЗС України на 2006 – 2011 роки основний наголос робиться на участь у міжнародних операціях з боротьби з тероризмом, встановлення і підтримання, участь у ліквідації наслідків природних і техногенних катастроф. Повномасштабне застосування ЗС України для відсічі збройної агресії розглядається в останню чергу, хоча згідно Конституції України це й є їх основне призначення [6].

Отже, на момент утворення ЗС України у 1991 році в їх складі перебувало 6300 танків. З них: Т-64 – 2100 од., Т-72 – 1000 од., Т-80 – 300 од. З них сучасними вважались: Т-64 – 528 од., Т-72 – 40 од., Т-80 – 68 од. В період з 1991 до 2021 року потрібно було скоротити 5300 од. танків. На експорт було поставлено до 1400 танків різних типів, при цьому це були машини або виготовлені, або модернізовані вітчизняною оборонною промисловістю [7]. Водночас, за цей саме період ЗС України отримали від промисловості 448 танків, що не дає змогу вважати танковий парк ЗС України таким, що відповідає сучасним вимогам.

Україна успадкувала від СРСР доволі потужну танкобудівну промисловість [8]. Вона була представлена танкобудівним підприємством – Харківським заводом транспортного машинобудування імені В.О. Малишева, Харківським конструкторським бюро з машинобудування (ХКБМ) імені О.О. Морозова. ХКБМ імені О.О. Морозова розробило танки Т-64, Т-80УД, що серійно вироблялись заводом імені В.О. Малишева [9]. Також українські підприємства виробляли частину обладнання, що встановлювались на ці машини [10]. Озброєння та решту обладнання виробляли підприємства за межами України, головним чином в рф. Так, зокрема, танкова 125-мм гармата 2А46 виготовлялась у м. Перм, 12,7-мм зенітний кулемет

НСВТ виготовлявся у м. Уральськ (Казахстан), 7,62-мм кулемет ПКТ – у м. Ковров (Володимирська обл.), башти – у м. Омськ, гусеничний рушій – у м. Тихвін (Ленінградська обл.), система управління озброєння та балістичний обчислювач виготовлявся у м. Мінськ.

Для забезпечення експлуатації танків, проведення планового ремонту та модернізації техніки, що знаходилась безпосередньо у військах в Україні існувало чотири танкоремонтних підприємства у містах Київ, Харків, Житомир та Львів.

Танкобудівні підприємства і конструкторське бюро, що знаходилися у великих промислових містах мали змогу розробляти, виготовляти та модернізувати основні танки Т-64, Т-72, Т-80. Для цього вони були забезпечені необхідним кадровим та технологічним потенціалом.

Деякі підприємства були унікальні за своєю специфікою не лише для танкобудівної промисловості України, але й для всього світу. Так, ХКБМ імені О.О. Морозова було провідною організацією з розроблення бронетанкової техніки. Саме йому належав комплект документації для серійного виробництва основних танків Т-64, Т-80УД [11].

Державне підприємство Харківський завод транспортного машинобудівельним імені В.О. Малишева спеціалізувався на випуску та модернізації бронетехніки. Харківський бронетанковий завод здійснював ремонт і модернізацію основних танків Т-64, Т-72, Т-80 та танкових двигунів 5ТДФ, 6ТДФ і ГТД-1250. Також завод був спроможний проводити ремонт прицілів, лазерних далекомірів, комплексів керованого озброєння [12].

Київський бронетанковий завод здійснював капітальний ремонт і модернізацію танків типу Т-64, Т-72 та іншої техніки на базі даних танків, проведення ремонту вузлів, агрегатів і двигунів, виготовлення запасних частин для бронетанкової техніки [13].

Львівський бронетанковий завод мав можливість здійснювати капітальний ремонт, проводити модернізацію основних танків Т-72. За інформацією підприємства з 2021 року завод освоїв модернізацію танків типу Т-64 [14], ремонт і виготовлення нових вузлів і агрегатів до основних танків даних типів [15].

Основні танки, що перебувають на озброєнні ЗС України, неодноразово брали участь у бойових діях. Набутий під час цих конфліктів досвід постійно враховувався і суттєво впливав на розвиток танків, що проявилось у їх постійній модернізації. Найчастіше у воєнних конфліктах різної інтенсивності застосовувався основний танк

Т-72 різних модифікацій. Танк Т-72 зарекомендував себе як надійна бойова машина, що при належній організації підготовки, управління та взаємодії спроможна виконувати свої основні завдання при мінімальних втратах.

Сильними сторонами танків Т-72, що проявились під час їх бойового застосування були наступні.

Потужне озброєння, представлене 125-мм танковою гарматою та додатковим озброєнням. Варто відзначити електричний автомат заряджання, що забезпечує стабільний темп ведення вогню.

Завдяки потужному V-образному двигуну танк має хороші динамічні характеристики, що дає змогу активно маневрувати на полі бою. Двигун надійно запускається у будь-яку пору року, зокрема у зимовий період, без додаткової підготовки. Завдяки прорезиненим каткам машина має м'який хід та зменшений рівень супутніх шумів, що зменшує його акустичну помітність, правда, лише з фронтальної проекції.

Досвід засвідчив, що танк найбільш захищений з фронтальної протекції. КДЗ розташований на похилому листі, бортах корпусу та передній частині танкової башти, що захищає танк від пробиття кумулятивними снарядами.

Також виявились і слабкі сторони Т-72.

По-перше, незважаючи на потужне озброєння, всі Т-72 відрізняються недостатньо досконалою СУВ, яка не дає змогу вести вогонь керованою ракетою з ходу. Прилади прицілювання та спостереження не давали змогу ведення вогню на відстань понад 2000 метрів вдень та 800 – 1500 метрів вночі. Під час ведення вогню із зенітної установки, командир танка постійно знаходився поза бойовим відділенням і піддавався загрози кульового та осколкового ураження.

По-друге, танк має достатню захищеність з фронтальної проекції, але слабку захищеність бортів і корми, особливо МТВ. Внаслідок пробиття МТВ, кумулятивний струмінь або БПС разом з уламками проникав до бойового відділення, що призводило до поранення, загибелі особового складу екіпажу та виведення машини з ладу. Більшість влучень у танк призводила до детонування боєкомплекту, що розташований разом з екіпажем та паливом. Через це навіть автоматична система пожежогасіння не спроможна своєчасно відреагувати на займання.

По-третє, у танку Т-72 складно здійснити заміну двигуна, особливо в польових умовах. Суттєвим недоліком також було розташування в танку вихлопного колектору на лівому борту, що демаскувало танк звуком працюючого двигуна.

Підсумовуючи всі наведені недоліки, нажаль можна констатувати, що танк Т-72Б добре підходить для рішучого бою на зустрічних курсах і ураження

поодиноких об'єктів. Але досить поганий у бою в місті та на відкритій місцевості проти танків країн-членів НАТО та при ураженні у бокові і кормові частини машини.

Найбільш активно танки Т-64 застосовувались у конфлікті на сході України під час проведення Антитерористичної операції (АТО, 2014 – 2018 рр.) та Операції об'єднаних сил (2018 – 2022 рр.). У 2014 році обидві сторони конфлікту застосовували застарілі версії Т-64, при цьому на озброєнні ЗС України перебувало до 100 од. основних танків Т-64Б, модернізованих до рівня Т-64БМ “Булат” [16]. Досвід застосування танків Т-64 засвідчив, що вони мають слабкий протиосколковий захист бортової броні та МТВ, і неодноразово виходили з ладу в наслідок близьких розривів артилерійських снарядів.

Практика бойового застосування показала, що 70 % машин було знищено ствольною та реактивною артилерією, а решта належала до небойових втрат. І лише поодинокі Т-64 мали ушкодження від ПТРК, РПГ та танків противника. Зокрема танків Т-64БМ “Булат” до весни 2015 року було безповоротно втрачено 15 одиниць із 85. З них лише 3 танка отримали ураження протитанковими засобами [17, ст.144–145; 18]. При цьому у зоні проведення АТО танки типу Т-64БВ і Т-64БМ “Булат” під час ведення боїв або пересування, уражались вогнем танків, ручних протитанкових гранатометів та інших протитанкових засобів противника [19–20]. Проте, танки отримували незначні пошкодження завдяки спрацюванню КДЗ, що давало їм змогу самостійно евакуюватися з поля бою або навіть продовжувати бій [21].

Досвід застосування танків Т-64 продемонстрував переваги його КУВ у порівнянні з тим, що встановлений на Т-72. Так він забезпечував не лише автоматичне наведення на ціль гармати, стабілізовану у двох площинах, але й давав змогу здійснення пуску керованих ракет з ходу. Можливості КУВ забезпечували більшу швидкість повороту башти, що давало змогу скоротити час наведення і знаходження цілей. Надійний механізм заряджання забезпечував постійну скорострільність з темпом 6 – 8 пострілів за хвилину. Командир танка під час ведення вогню з дистанційно керованого 12,7-мм зенітного кулемету не залишав бойове відділення.

Маневреність танка забезпечується за рахунок нового двигуна, а ходова частина танка – завдяки вузьким та малого діаметру каткам, на розпушеному ґрунті машина повертає безперешкодно і уповільнено не нагрібаючи ґрунт, порівнюючи з Т-72 і Т-80, які мають більші за розміром катки. Гусениці мають краще зчеплення з поверхнею завдяки конструкції траків, які мають отвори, через

які м'який і мокрий ґрунт витискається. МТВ танка дозволяє в польових умовах швидко і без зайвих трудовитрат замінити двигун.

Танк при низькому силуеті та малих габаритах має добре захищені лобову частину та бортові проєкції завдяки надійному КДЗ, що давало змогу безпечно маневрувати та вести бій.

При цьому танки Т-64 мали низку недоліків.

Через малий діаметр катків знижується захищеність танка у бортовій протекції нижче протикумулятивного екрану. Також катки мають внутрішню амортизацію, часто виходять з ладу, але особливість їх конструкції давала в польових умовах здійснювати їх швидку заміну екіпажем танку без залучення ремонтних підрозділів.

Танковий двигун не забезпечував необхідні розгінні характеристики. Недостатньою була й швидкість заднього ходу – лише 4 км/год. Танковий двигун 5ТДФ потребував високої кваліфікації механіка-водія з суворим дотриманням правил експлуатації.

Отже, щодо Т-64 варто відзначити, що основні проблеми із застосуванням та експлуатацією танків Т-64 були пов'язані з недоліками ходової частини, розрахованої на максимальну масу машини до 40 т. При цьому переважна більшість модифікацій Т-64 вже мали вагу, що перевищила за 45 тон. Наявна ходова частина була не розрахована на такі перевантаження.

Основний танк Т-80 отримав від танкістів позитивні висновки. Танк може обладнуватися двома типами двигунів: газотурбінним ГТД-1250, потужністю 1250 к.с., що випускався на Калузькому двигунобудівному заводі (модифікація Т-80У) та дизельним 6ТДФ-1 потужністю 1000 к.с, що виготовлявся у Харкові (модифікація Т-80УД). Ці танкові двигуни відрізнялись тихим звуком, що забезпечували меншу акустичну помітність танків з фронту. Танки сімейства Т-80 мали добру динаміку розгону та утримання швидкості під час маневрування, що забезпечувалося завдяки надійній трансмісії і ходовій частині.

Машина мала надійний броньований захист разом з новим КДЗ, що в декілька разів підвищував живучість танка на полі бою від різних ПТЗ.

Танки відрізнялись потужним озброєнням і здатністю пускати керовані ракети з ходу, підтримувати стабільний темп стрільби до 8 пострілів за хвилину завдяки механізму заряджання і новий системі управління вогню, що забезпечували вогневу міць танка.

Проте, танк мав певні проблеми щодо захищеності бокових і кормових проєкцій башти і корпусу машини. Захищеність МТВ танку також була недостатньою через великі отвори каналів повітроводів у кормовій частині.

Обладнаний двигунами ГТД-1000 або ГТД-1250 танк показував добру маневреність, але ці двигуни мали ряд суттєвих недоліків. Газотурбінні двигуни виявилися дорогими у виготовленні і обслуговуванні, мали великий розхід палива у порівнянні з дизельним 6ТДФ-1. Крильчатка двигуна була уразлива до пилу та піску, що потрапляли разом з повітрям до двигуна та виводили його з ладу. Також газотурбінний двигун обслуговувався та замінювався тільки в заводських умовах.

Прибори спостереження і прицілювання мають забезпечувати дальність спостереження та виявлення цілей вночі в пасивному режимі до 800 метрів, в активному до 1500 метрів. В денний час дальність виявлення цілей суттєво залежала від метеорологічних умов. Кратність прицілу знаходилась у межах від $3,5\times$ до $7\times$, проте залежність від зовнішніх факторів не давала змогу реалізувати його потенціал.

Отже, досвід бойового застосування танків типів Т-64, Т-72 і Т-80 засвідчив, що, незважаючи на свої переваги, вони потребували суттєвого оновлення, перш за все з огляду на підвищення захищеності, забезпечення тактичною обізнаністю, керованістю, суттєвого покращення прицільних систем та ергономіки.

Розпад СРСР, а також активне постачання радянських танків, перш за все Т-72 на експорт в рамках воєнно-технічного співробітництва призвели до того, що у пострадянський період танки Т-64, Т-72 та Т-80 опинились на озброєнні ЗС багатьох країн світу, зокрема й тих, що у подальшому приєдналися до НАТО. Це також певна невідповідність зазначених танків актуальним вимогам цих країн, спричинило їх активну та різноманітну модернізацію, що відбувалась різними способами і в різних воєнно-стратегічних, економічних умовах.

Для більшості програм модернізації було характерним приділення основної уваги підвищенню вогневої потужності, захищеності та рухомості танків. Ергономіці належної уваги не приділялось. Для європейських країн було також характерним намагання модернізувати засоби зв'язку та навігації.

В результаті проведених заходів зростала маса танків, що вимагало встановлення більш потужних та важких двигунів, а це, у свою чергу, збільшувало навантаження на ходову частину танку.

Частіше за все модернізація відбувалась з використанням власної виробничої та ремонтної бази із широким застосуванням виробів, блоків, вузлів та агрегатів виробництва провідних західноєвропейських країн та Ізраїлю. У деяких країнах модернізація танкового парку здійснювалась

у співпраці з конструкторським бюро та заводом-виробником, проте навіть російські виробники під час модернізації своїх танків використовували іноземні комплектуючі, зокрема й вироблені у країнах-членах НАТО.

Висновки

Отже, на розвиток основних танків в Україні впливали низка взаємопов'язаних внутрішніх і зовнішніх чинників, основними з яких були: зміни стану і складу танкового парку ЗС України, стан та спроможності української танкобудівної та танкоремонтної галузей промисловості, досвід бойового застосування основних танків Т-64, Т-72, Т-80 у воєнних конфліктах, а також іноземний досвід модернізації радянських основних танків наприкінці ХХ – у ХХІ ст.

З початку існування ЗС України їх танковий парк був представлений основними танками всіх трьох типів різних модифікацій, виготовлених в СРСР. Значна частина танків, що були успадковані від Радянської армії вже на той час застаріла та підлягала заміні чи модернізації. Крім того, танки Т-72 та деякі модифікації танків Т-80 виготовлялися за межами України. Кількість танків була для ЗС України надмірною і обтяжливою для експлуатації, утримання та зберігання. Це обумовило, з одного боку, скорочення їх кількості, зокрема й шляхом постачання на експорт, з іншого – вилучення із бойових частин танків тих типів, що не виготовлялись українською промисловістю і залишення у військах основних танків типів Т-64. При цьому практично одразу постала проблема доведення танків до вимог сучасності. У зв'язку з тим, що розроблення проекту принципово нового танку та налагодження його серійного виробництва потребувало значного часу і ресурсів, яких бракувало, був обраний шлях модернізації. Водночас, як встановлено, заміна застарілої техніки новими або модернізованими машинами відбувалась низькими темпами, що не забезпечували потреб ЗС України. Автор встановив, що рішення про залишення на озброєнні ЗС України основних танків типу Т-64 з модернізацією наявних та створенні нових машин було обґрунтовано з воєнно-стратегічної, воєнно-технічної та воєнно-економічної точки зору, проте повністю його виконати не вдалося.

Україна мала розвинену танкобудівну промисловість і танкоремонтну інфраструктуру. Незважаючи на те, що замкненого циклу виробництва танків в Україні не було, вона мала потенційні можливості для розроблення та реалізації програм модернізації основних танків всіх трьох типів, поступово налагоджуючи виробництво необхідних компонентів, або імпортуючи їх,

головним чином, із країн-членів НАТО або Ізраїлю. Це сприяло утворенню міжнародних коопераційних зав'язків, розширювало експортний потенціал українських танків та зменшувало залежність від російських виробників як монополістів у виготовленні окремих систем, вузлів і агрегатів для основних танків радянського виробництва. Танкоремонтні заводи України давали змогу здійснювати модернізацію танків під час проведення капітального ремонту як в інтересах ЗС України, так і з урахуванням вимог іноземних замовників під час підготовки танків до постачання на експорт.

Досвід бойового застосування основних танків Т-64, Т-72 і Т-80 дав змогу визначити як їх сильні сторони, так і недоліки, що потребували усунення. Їх перевагами були: потужне озброєння, доволі надійний броньовий захист, посилений комплексами динамічного та активного захисту, хороші динамічні та масо-габаритні характеристики, різноманітний боекомплект, до складу якого входили і керовані ракети, висока ремонтпридатність, відносна простота освоєння та експлуатації, менший, ніж у іноземних танків, екіпаж та автоматичне заряджання, що забезпечувало стабільний темп ведення вогню з гармати.

Недоліками основних танків Т-64, Т-72, Т-80 були: розміщення боеприпасів та палива у бойовому відділенні разом з екіпажем, що призводило до його загибелі в разі детонації або загоряння; можливість ураження екіпажу вторинними уламками в разі влучення снаряду; недосконале протипожежне обладнання з великим часом реагування; складність екстреного залишення танку, особливо для механіка-водія; погана ергономіка через недостатньо зручне розміщення пристроїв, індикаторів, погану вентиляцію та регулювання

температурного режиму у бойовому відділенні та відділенні управління тощо; нерівномірна захищеність з різних ракурсів; недосконале прицільно-оглядове обладнання, особливо для роботи вночі; застарілі засоби зв'язку та відсутність засобів навігації, відображення тактичної обстановки та автоматизованого контролю працездатності систем і пристроїв тощо. Частина недоліків носила системний характер, обумовлений концептуальним підходом до конструкції танків, проте й вони могли бути якщо не усунені, то, принаймні, суттєво компенсовані внаслідок модернізації. Таким чином, незважаючи на свої переваги, основні танки типів Т-64, Т-72, Т-80 потребували суттєвого оновлення, перш за все з огляду на підвищення захищеності, забезпечення тактичною обізнаністю, керованістю, суттєвого покращення прицільних систем та ергономіки.

Внаслідок розпаду СРСР, а також активного постачання радянських танків, перш за все Т-72, на експорт, у пострадянський період танки Т-64, Т-72 та Т-80 опинились на озброєнні збройних сил багатьох країн світу, зокрема й тих, що у подальшому приєдналися до НАТО. Це спричинило їх активну та різноманітну модернізацію, яка відбувалась різними способами та в різних воєнно-стратегічних та економічних умовах. Основна увага приділялась підвищенню вогневої потужності, захищеності та рухомості танків. Ергономіці належної уваги не приділялось. Для європейських країн було також характерним намагання модернізувати засоби зв'язку та навігації, заміна двигунів на більш потужні та компактні.

Таким чином, наведені фактори визначали як потребу, так і спроможності України щодо оновлення танкового парку ЗС України у період, що досліджується.

Список літератури

1. Апухтин Ю. Танки Украины и украинская танковая промышленность. URL: <https://topwar.ru/152797-что-из-sebja-predstavljajut-tanki-ukrainy-i-ukrainskaja-tankovaja-promyshlennost.html> (дата звернення: 29.07.2021).
2. Путята Д. Танкові бригади України та їхня роль у захисті країни. ТСН. URL: https://tsn.ua/blogi/themes/o_voine/tankovi-brigadi-ukrayini-1492890 (дата звернення: 21.11.2022).
3. Жирохов М. Українська зброя. Що продає і що купує Україна на ринку озброєнь. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2020/10/28/666682/> (дата звернення: 15.09.2021).
4. Аргат О. Утрачена армія здобутої держави. URL: <https://www.istpravda.com.ua/articles/2012/02/23/74241/> (дата звернення: 29.07.2021).
5. Ленський А. Г., Цыбин М. М. Советские Сухопутные войска в последний год Союза ССР. Справочник. СПб., В&К, 2001. 294 с.
6. Военный энциклопедический словарь. м.: Воениздат, 1984. 729 с.
7. The Military Balance 1992. URL: http://samlib.ru/editors/t/temezhnikow_e_a/mb1992.shtml (дата звернення: 29.07.2022).
8. История самого мощного танкового завода Украины, повлиявшего на две мировые войны. URL: <https://www.057.ua/news/2408623/istoria-samogo-mosnogo-tankovogo-zavoda-ukrainy-povliavsego-na-dve-mirovye-vojny-foto> (дата звернення: 17.11.2021).
9. Біла книга 2005: оборонна політика України. К., "Заповіт", 2006. С. 120–121.
10. Катков О. Как распродавали армию Украины, или Почему стране не хватает оружия. URL: <https://incident.obozrevatel.com/crime/61352-kak-rasprodali-armiyu-ukrainyi-ili-pochemu-strane-ne-hvataet-oruzhiya.htm> (дата звернення: 23.05.2021).
11. Поспелов А. Український ОПК в умовах "гібридної війни" з Росією. URL: https://bintel.org.ua/nash_archiv/archiv-

voyneni-pitannya/archiv-vpk/orpk4/ (дата звернення: 10.12.2022).

12. Завод имени Малышева. URL: company/3610_zavod_imeni_malisheva.html (дата звернення: 05.07.2021).

13. Морозов А. А. Двигатель 5ТДФ. URL: <http://btvt.info/3attackdefensemobility/5td/5tdf.htm> (дата звернення: 05.07.2021).

14. Казенное предприятие “Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова”. URL: <http://rada.com.ua/rus/catalog/12930/> (дата звернення: 05.03.2022).

15. Государственное предприятие “Завод им. В.А.Малышева”. URL: <http://rada.com.ua/rus/catalog/8824/> (дата звернення: 05.03.2022).

16. Государственное предприятие “Киевский бронетанковый завод”. URL: <http://rada.com.ua/rus/catalog/61014/> (дата звернення: 05.03.2022).

17. На Львівському бронетанковому розказали деталі модернізації Т-64. URL: <https://mil.in.ua/uk/news/nalvivskomu-bronetankovomu-rozkazaly-detali-modernizatsiyi-t-64/> (дата звернення: 20. 12. 2021).

18. Государственное предприятие “Львовский бронетанковый завод”. URL: <http://rada.com.ua/rus/catalog/16719/> (дата звернення: 05.03.2021).

19. Вооруженные силы Украины получают 10 танков БМ “Булат”. URL: <https://delo.ua/economyandpoliticsinukraine/vooruzhennye-sily-ukrainy-polu-39562/> (дата звернення: 24.06.2022).

20. Федоров Е. Боевое применение танков серии Т-64 украинской армией. URL: <https://topwar.ru/145626-boeovoprimeneni-tankov-serii-t-64-ukrainskoj-armiej.html> (дата звернення: 16. 08. 2022).

21. Чобиток В., Саенко М., Тарасенко А., Чернышев В. Основной танк Т-64. 50 лет в строю. м.: Яуза-каталог, 2016. 160 с.

22. Назвали статистику втрат української бронетехніки за перші два роки АТО. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/2874121-nazvali-statistiku-vtrat-ukrainskoi-bronetehniki-za-persi-dva-roki-ato.html> (дата звернення: 11.02.2021).

23. БМ “Булат” в бою под Логвиново. URL: <https://andrei-bt.livejournal.com/338909.html> (дата звернення: 04.08.2022).

24. Стек Л., Діхтяренко А., Кречко Я. Війна танків: українсько-російське протистояння на Донбасі. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/28728148.html> (дата звернення: 11.09.2022).

Надійшла до редколегії 03.03.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Буряк Сергій Петрович

ад'юнкт
Національного університету оборони
України ім. І. Черняхівського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2847-0595>

Гулий Сергій Миколайович

заступник начальника штабу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0009-0008-7379-4848>

Information about the authors:

Serhii Buryak

Adjunct
of National University of Defense
of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2847-0595>

Serhii Hulyi

Deputy Chief of Staff
of Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0008-7379-4848>

FACTORS THAT INFLUENCED THE DEVELOPMENT OF SOVIET MADE MAIN BATTLE TANKS (1991 – 2022)

S. Buryak, S. Hulyi

The article reveals a complex of factors that influenced the content and direction of the modernization program for the main tanks T-64, T-72, and T-80 in Ukraine. A special role in this process was played by unimportant factors, among which the leading ones were the experience of the combat use of main tanks, the multiple-quality state of the tank fleet of the Armed Forces of Ukraine, the favorability of the tank-building and tank-repair industry of Ukraine for the development and implementation of the tank modernization program, and the experience of foreign modernization of these types of tanks, which fully influenced the development of the main tanks of the Armed Forces of Ukraine. It was established that, despite significant economic difficulties and changes in the views of the top military-political leadership of Ukraine on the role of tanks in the modern armed struggle, Ukraine has retained the opportunity to provide its Armed Forces with the necessary number of tanks that meet today's requirements.

Keywords: *modernization, main tank, tank building plant, tank repair plant, weapons and military equipment, gun, projectile, engine, complex of dynamic protection, motor-transmission compartment, anti-tank weapons.*

В.П. Варакута¹, Є.І. Ряполов², О.Ю. Чернявський¹, В.О. Оверчук²

¹Військовий інститут танкових військ НТУ “ХПІ”, Харків

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО СЦЕНАРІЮ ТАКТИКИ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ РІЗНОРІДНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ У СКЛАДІ БАТАЛЬЙОННИХ ТАКТИЧНИХ ГРУП

В роботі розглянуті причини створення об'єднаних угруповань військ із різних за призначенням частин та підрозділів, слабкі та сильні сторони таких угруповань. Проведений аналіз робіт фахівців щодо комплектації та бойового застосування таких угруповань. З урахуванням сучасних поглядів на ведення війни, в роботах сучасних фахівців не містяться систематизовані й узагальнені висновки та не розглядаються можливі сценарії тактики ведення бойових дій різнорідних за призначенням і функціями підрозділів у складі єдиного військового формування. Для вирішення цих питань, на прикладах бойових епізодів та способу вибору сценарію тактики дій різнорідних підрозділів батальйонних тактичних груп (бтгр) в двосторонньому бою, коли одна сторона має у своєму складі один підрозділ, а протилежна сторона включає декілька різнорідних підрозділів, наведено ознаки змін в принципах, методах та тактиці ведення бойових дій, що виходять за рамки розуміння “класичного” загальновійськового бою. Крім того, в роботі розкривається динаміка бойових дій різнорідних підрозділів під єдиним командуванням і прогнозується кінцевий результат бойових дій. Метою статті є визначення способів вибору можливих сценаріїв (варіантів) тактики ведення бойових дій різнорідними підрозділами бтгр в конкретних умовах обстановки.

Ключові слова: Спеціальна операція, різнорідні підрозділи, батальйонна тактична група, сценарій тактики ведення бойових дій.

Вступ

Постановка проблеми. З урахуванням досвіду російсько-української війни, локальних війн і збройних конфліктів останніх десятиріч, у тому числі, подій, що сталися в Сирії, Лівії, Нагорному Карабаху, в теорії вітчизняного воєнного мистецтва та практики бойового застосування різнорідних угруповань військ, спостерігається низка проблем, зумовлених розвитком та опануванням нових тактик ведення загальновійськового бою [1].

Так, досвід першої чеченської кампанії змусив військово керівництво російської федерації (рф) докорінно переглянути концепцію, сутність та зміст операцій та створити об'єднане угруповання військ. Основною формою застосування федеральних військ (сил) стала спеціальна операція (СО). Відносно залученого складу сил та засобів, що брав участь, СО була загальновійськовою, спільною або самостійною. Головна роль для втілення планів СО вперше відводилася бтгр, які для виконання бойового завдання посилювалися необхідними силами та засобами. Це зумовлювалося веденням бойових дій в гірській місцевості або на рівнині, проводити контр-диверсійні дії, дії для оточення або блокування противника.

Згідно [2–3] об'єднана (або сухопутна) операція повинна була проводитися створеним угрупованням військ (сил) (Угр.в (с)) за єдиним замислом і планом під єдиним керівництвом.

При цьому Угр.в (с) складається з декількох з'єднань і частин (підрозділів) різних видів та окре-

мих родів військ (сил) ЗС України із/без залучення сил й засобів інших складових сил оборони.

Згідно [3] залежно від сил й засобів, які залучаються до проведення операцій, Угр.в (с) поділяються на міжвидомчі, міжвидові, видові та окремі роди військ (сил). До складу Угр.в (с) можуть визначитися безпосередньо підпорядковані війська (сили), сили й засоби, які передаються в оперативне підпорядкування та/або призначені для підтримки, а також може визначитися льотний ресурс. Крім того, визначені сили й засоби оборони можуть входити в оперативний контроль або оперативну взаємодію з командувачем Угр.в (с). Бойові епізоди російсько-української війни показують, що кожне бойове зіткнення (бойові дії) з противником характеризуються особливостями тактичних властивостей місцевості, кількістю сил та засобів противника, зразками й бойовими можливостями його озброєння та військової техніки (ОВТ), тактикою дій і т. ін. Тому ці обставини вимагають створення бтгр, до складу яких доцільно включати різні за функціональними особливостями та специфічними можливостями ведення бою підрозділи, що притаманні даній конкретній бойовій обстановці. До бтгр, які ведуть, наприклад, бойові дії в населених пунктах, доцільно долучати підрозділи Національної гвардії (НГ) та СБУ, які спеціалізуються на “зачистках” житлових будинків і різного призначення споруд.

В гірській місцевості до складу бтгр доцільно долучати гірськострілецькі підрозділи з спеціальним альпійським спорядженням, армійську авіацію, да-

лекобійну артилерію, РСЗВ, десантно-штурмові групи й виключити танкові й механізовані підрозділи, які малоефективні при таких умовах. На пересіченій місцевості з мережею водоймищ, каналів, озер, річок до складу *бтгр* доцільно включати інженерні або понтонні підрозділи для наведення мостів і переправ або мати гумові човни, катери для форсування водних перешкод. Якщо бойові розгортаються на морському узбережжі до *бтгр* доцільно включати підрозділи ВМС (підрозділи берегової артилерії, морської авіації, морської піхоти або надводні коралі й катери). В умовах ведення звичайного, “класичного” загальновійськового бою, основними складовими *бтгр* є танкові й механізовані підрозділи, посилені артилерійськими групами, армійською авіацією, підрозділами НГ для блокування району бойових дій та виконання інших раптово виникаючих завдань та іншими спеціалізованими підрозділами. Тобто склад *бтгр* напряму залежить від характеру бойових дій та завдань, які йому ставляться.

Різноманітність умов бойової обстановки, вимагає включення до складу окремо взятого *бтгр* таких підрозділів, які б відповідали характеру бойових дій та з максимальною ефективністю використали свій бойовий потенціал. При цьому вирішується головне питання: у командира *бтгр* є усі сили й засоби для успішного виконання бойового завдання в даних умовах і йому не потрібно витратити дорогоцінний час на узгодження або прохання додаткового посилення свого підрозділу [4]. Але при цьому виникають додаткові складнощі, що пов’язані зі злагодженістю та взаємодією цих різнорідних підрозділів під час ведення активних бойових дій.

Як показують бойові епізоди російсько-української війни, істотних змін зазнали принципи розвитку загальновійськового бою, методи роботи командирів і штабів, управління частинами й підрозділами, питання взаємодії та логістики, що адаптувалися до стандартів та штабних процедур НАТО [5]. У ході бойових зіткнень виникло чимало нових, нетрадиційних форм і способів тактичних дій. Тут йдеться не тільки про дії загальновійськових частин та підрозділів, а й інших силових структур. Заслужують уваги погляди щодо розгрому та ліквідації приватних військових компаній (*пвк*), таких як “Вагнер”, створення умов для врегулювання кризових ситуацій [2–3], в стабілізаційних діях на неокупованих територіях, що є новим у тактиці дій армійських частин та підрозділів.

Отже, метою статті є обґрунтування способів вибору можливих сценаріїв (варіантів) тактики ведення бойових дій різнорідними підрозділами *бтгр* в конкретних умовах бойової обстановки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Бурхливий технічний розвиток, передусім, розвідувальної, ударної, керованої зброї та інформаційних і

космічних технологій, обумовлює значні зміни в теорії й практиці форм та способів підготовки та ведення бойових дій військовими формуваннями. Свідченням цього є набутий досвід під час російсько-української війни та матеріали ряду наукових робіт, опублікованих за останнє десятиріччя [6–12]. У них наведено багато статистичних даних стосовно форм і способів збройної боротьби.

Проте ці роботи не містять систематизованих, узагальнених матеріалів, з урахуванням сучасних поглядів на ведення війни, й не розглядають можливі сценарії тактики ведення бойових дій за участю різнорідних за призначенням і функціями підрозділів у складі, наприклад, *бтгр*.

Виклад основного матеріалу

Якщо розглянути, чим же збагатилася тактика протягом останнього часу, то можна зазначити, що:

– по-перше, з’явився й набув розвитку перспективний сценарій тактики дальнього (дистанційного) вогневого бою, який передбачає завдання нанесення поразки противнику з використанням насамперед БПЛА, ракетних військ, авіації, РСЗВ та далекобійної артилерії у поєднанні з електронним придушенням, без прориву підготовленої оборони та затяжних ближніх боїв;

– по-друге, сформувалася система поглядів на ведення бойових дій проти іррегулярних (*пвк*) та диверсійних і терористичних груп, які роблять ставку на нетрадиційні методи боротьби;

– по-третє, виникло багато нових, перспективних способів тактичних дій (з використанням новітніх розвідувально-алгоритмічних програм, розвідувально-пошукових, ударно-штурмових, рейдово-блокувальних дій і т. ін.) у протистоянні з “нетиповим” противником, який веде, так звану, “спеціальну військову операцію” спільно з формуваннями інших силових структур рф;

– по-четверте, з’явилася й утвердилася, так звана, “загінногруппова” тактика дій, яка поряд з існуючими, передбачає створення нових елементів бойових порядків військових формувань, тобто створення гнучкого, розосередженого бойового порядку, що діє не тільки на рівнині, а й на пересіченій, гірсько-лісистій місцевості та в населених пунктах. До зведених тактичних груп почали долучати штурмові групи, вертолітно-рейдові, ударно-вогневі, протидиверсійні групи (загони) та рухомі групи мінування.

– по-п’яте, зросла роль дрібних тактичних підрозділів у боротьбі як з мобільними групами, так і з лінійними тактичними формуваннями противника в загальновійськовому бою. З’явилися нові погляди на застосування різнорідних підрозділів під єдиним керівництвом;

– по-шосте, набув розвитку сценарій тактики

ближнього вогневого бою, під час якого проти противника широко застосовують вогневе блокування, вогневе прочісування, створення вогневих коридорів та ведення контрбатареїної та контрснайперської боротьби.

Характерними нововведеннями для вогневого ураження стало завдання точкових, вибіркових ударів, поєднання ракетного та артилерійського вогню з авіаційними ударами, органічне поєднання дальнього та ближнього вогневого бою, поєднання вогню, удару та маневру, вогневої взаємодії механізованих і танкових підрозділів з армійською авіацією.

Таким є неповний перелік нововведень, що характеризують сучасний рівень розвитку сценаріїв тактики ведення бойових дій військовими формуваннями.

Якщо розглянути сценарій одночасного початку бойових дій *бтгр* з угрупованнями противника залежно від рівня корисності розвідувальної інформації [6; 20], виникають такі проблемні питання:

1. На чьому боці буде перемога?
2. Якою ціною дісталася перемога, тобто скільки залишилося боєздатних підрозділів у сторони, що перемогла?
3. Якого визначеного сценарію буде дотримуватися *бтгр* за наявності (відсутності) та неповному забезпеченні розвідувальною інформацією про противника та як усе це впливає на результативність бойових дій?
4. Який сценарій тактики бойових дій *бтгр* призводить до завдання максимальної шкоди противнику?
5. При яких обставинах вибір сценарію тактики бойових дій *бтгр* не тільки не дає ефекту, а й веде до поразки?

На початку 2014, а потім у 2015 році в основному були осередкові бойові дії, починаючи з 2016 року військово-протистояння перейшло у фазу стратегічної позиційної оборони.

У ході активної фази російсько-української війни, починаючи з 24.02.2022 р., виникли нові способи тактичних дій: спільні з формуваннями інших силових структур.

З'явилася нова форма оперативних дій – спільна військова операція, як сукупність узгоджених і взаємопов'язаних за метою, місцем, часом та завданнями військових, оперативних, режимних дій, що проводяться різновідомчими силовими структурами під єдиним керівництвом, як правило, загальновійськового командира.

Крім того, з принципово новим явищем зіткнулися українські збройні сили під час війни. Вони були змушені навчатися веденню бойових дій з діючою російською армією, з *пвк* та колаборантськими військовими формуваннями, так званих, ДНР і ЛНР.

Відомий спосіб [7–11], який розкриває динаміку таких бойових дій, не дозволяє до їх проведення назвати майбутнього переможця. Також ці роботи не розглядають сценаріїв тактики ведення бойових дій проти різнорідних військових формувань у складі, наприклад, *бтгр* з подальшою оцінкою його результативності.

Отже, у наведених джерелах, по-перше, не розглядається бій проти сторони (*бтгр*), що складається з різнорідних підрозділів. По-друге, не оцінюється ціна досягнутої перемоги, відсутня кількісна оцінка завдання максимальної шкоди противнику. По-третє, існуюче зміщення акцентів у бік співвідношення кількості бойових засобів сторін, не враховує різнорідність підрозділів *бтгр* та не визначає спосіб вибору оптимальних сценаріїв тактики ведення бойових дій різнорідними підрозділами. Крім того, дослідники розглядали групові бойові дії з урахуванням різнорідності за інтенсивністю вогневої поразки, різнорідності із забезпечення сторін розвідкою про координати бойових засобів сторін, які впливають на вибір раціональних сценаріїв [12–18]. Але цього недостатньо тому, що на відміну від відомих способів підвищення бойової ефективності (результативності) групового бою різнорідних підрозділів під єдиним командуванням, доцільно враховувати:

- бойові можливості й злагоженість різнорідних підрозділів противника;
- вибір оптимального сценарію ведення групового бою;
- оцінку результатів майбутнього бою до його проведення.

Майже усі ці підходи ведуть до додаткового збереження своїх бойових засобів за результатами бойових дій стороною *A*, виходячи з вибору раціонального сценарію тактики ведення бойових дій зі стороною *B* [19].

Тому, доцільно розглянути новий вид різнорідності, пов'язаний з наявністю різнорідних підрозділів у складі *бтгр*, при якому колишні підходи не давали ефективного застосування.

Зазначене завдання вирішується за рахунок вибору оптимального сценарію ураження противника різнорідними підрозділами *бтгр*.

При цьому комутуються вихідні дані про значення показників своїх бойових засобів та засобів кожного збройного угруповання противника (*зунр*). Такий спосіб визначення оптимальних сценаріїв тактики ведення бойових дій *бтгр* відрізняється від існуючих тим, що вихідні дані доповнюються інформацією про розподіл відносної кількості r_i різнорідних підрозділів сторони *A* (*бтгр*) для ведення бою, кожний з яких визначають добутком числа N_i різнорідних підрозділів і *зунр*, помноженого на ін-

тенсивність вогневого ураження λ_i цього угруповання, поділеного на загальну суму $\sum N_i \lambda_i$ усіх добутоків $r_i = N_i \lambda_i / \sum N_i \lambda_i$.

При цьому обчислюються відносні вклади $r_i \cdot M$, виділених різнорідних підрозділів сторони A , та здійснюється моделювання групового бою одночасно з усіма *зупр* при зберіганні, отриманих у вибраних дискретних тимчасових точках, проміжних результатів залишків різнорідних підрозділів сторін.

Для кожної дискретної тимчасової точки з набором результатів початкового моделювання, здійснюється вторинне моделювання з фіксацією остаточних залишків своїх різнорідних підрозділів та знищених *зупр* [1]. Наприклад, сутність запропонованого сценарію тактики дій різнорідних підрозділів *бтгр*, полягає в розгляді двостороннього бою, коли сторона B має, наприклад, один підрозділ, а протилежна їй сторона A – включає три різнорідних підрозділи A_1, A_2, A_3 *бтгр*.

Показниками підрозділу сторони B до початку групового бою:

M – первісна кількість бойових засобів підрозділу сторони B ;

$\mu_1 \mu_2 \mu_3$ – інтенсивність вражаючого вогню бойових засобів при стрільбі з різнорідних підрозділів A_1, A_2, A_3 ;

$m(t)$ – спадна величина M у процесі бойових дій в момент часу t ;

$N_1, \lambda_1, n_1(t); N_2, \lambda_2, n_2(t); N_3, \lambda_3, n_3(t)$ – аналогічні показники угруповань $A_1 \cdot A_2 \cdot A_3$.

Рациональне ведення групового бою, по-перше, призводить до максимізації завданих збитків противнику, а по-друге, до мінімізації своїх втрат.

Додавання третього різнорідного підрозділу до складу *бтгр* призводить не тільки до кількісної, а й якісної зміни ведення групового бою. Ілюстративні вихідні дані протидорчих угруповань наведено у табл.1 [19].

Таблиця 1

Вихідні дані різнорідних підрозділів сторони A (*бтгр*) і *зфпр* – B

<i>зфпр B</i>				<i>бтгр A₁, A₂, A₃</i>					
M	μ_1	μ_2	μ_3	N_1	λ_1	N_2	λ_2	N_3	λ_3
65	0,17	0,17	0,17	20	0,17	16	0,15	14	0,13

Джерело: розроблено авторами.

Розглянемо сценарій бойових дій збройного формування противника (*зфпр*) проти трьох різнорідних підрозділів *бтгр*:

1. Поетапні результати послідовного знищення: показані в табл.2.

Кінцевим результатом стало ураження сторони

(рядки 2, 3, стовпець 4), із залишком бойових засобів сторони (рядки 4, 5, стовпець 4) [19].

Таблиця 2

Почергові бойові дії

Поетапні результати бойових дій				
	1	2	3	4
1	Вихідна кількість різнорідних підрозділів	Після знищення A_1	Після знищення A_2	Після знищення A_3
2	$M(t_0)$	$M(t_1)$	$M(t_2)$	$M_\infty(t_3)$
3	65	31	4	0
4	$N(t_0)$	$N(t_1)$	$N(t_2)$	$N(t_3)$
5	50	30	14	12

Джерело: розроблено авторами.

2. Одночасне знищення на першому етапі 2-х різнорідних підрозділу в складі *бтгр* A_1, A_2 , другою – A_3 . Кінцевим результатом стала поразка сторони $N_\infty(t_2) = 0$ (табл.3, рядки 4, 5, стовпець 3), із залишком підрозділів $M_\infty(t_{1,2,3}) = 20$ (табл.3, рядки 2, 3, стовпець 3).

3. Результати спроби одночасного знищення трьох різнорідних підрозділів A_1, A_2, A_3 наведено у табл.3, з якої видно, що перемогла сторона A (табл.3, рядки 2, 3, стовпець 4) із залишком підрозділів $M_\infty(t_{1,2,3}) = 32$.

Таблиця 3

Групові результати бойових дій

1	Вихідне число бойових засобів	Групові бойові дії 12	Групові бойові дії 12,3	Групові бойові дії 123
2	$M(t_0)$	$M(t_{12})$	$M_\infty(t_{12,3})$	$M_\infty(t_3)$
3	65	25	20	32
4	$N(t_0)$	$N(t_1)$	$N_\infty(t_2)$	$N_\infty(t_3)$
5	50	14	0	0

Джерело: розроблено авторами.

Проте, аналіз результатів табл.2, 3 та практичний досвід бойових дій російсько-української війни (бойових епізодів ООС [20]) викликають доцільність розробки нових, більш оптимальних (ефективних) сценаріїв тактики ведення бойових дій *бтгр* з різнорідними підрозділами у своєму складі.

Однією з умов розгляду любого можливого сценарію тактики ведення бойових дій *бтгр* – це надання йому розвідувальної інформації з достатнім рівнем корисності [6; 21] для забезпечення ураження противника з ймовірністю не нижче заданої.

Під час російсько-української війни, вкрай критичним стає розгляд якісного складу різнорідних підрозділів *бтгр*, тому всі вони без винятку повинні мати у своєму складі підрозділи БПЛА (дронів), сучасних переносних протитанкових засобів та засоби РЕБ. Крім того, при визначенні складу й сценаріїв тактики ведення можливих оборонних дій

бтгр, доцільно брати до уваги географію й оперативно-тактичні характеристики ймовірного театру воєнних дій (ТВД).

Зрозуміло, що створити вздовж смуги зіткнення суцільний фронт з елементами позиційної оборони, зі взводними та ротними опорними пунктами практично неможливо. Виникає необхідність особливого підходу як до організації оборони, так і тактики ведення оборонних дій на кожному загрозовому напрямку.

Так, наприклад, якщо місцевість лісисто-болотиста, то на окремих можливих танконебезпечних напрямках доцільно приховано створити окремі протитанкові опорні пункти та обладнати їх мінно-вибуховими загородженнями, а *бтгр* бажано комплектувати підрозділами, які спроможні максимального ефективно застосовувати свої бойові можливості.

При таких умовах, доцільно мати у складі *бтгр* ракетно-артилерійсько-мінометні підрозділи, пару (ланку) ударно-розвідувальних вертольотів, саперний взвод, механізовану роту на БТР, роту стрільців (автоматників, кулеметників, вогнететників, гранатометників), оснащену квадроциклами й гумовими човнами й т. ін.

Якщо територія бойових дій *бтгр* характеризується рівнинною місцевістю з мережею великих і маленьких річок та водоймищ, з розвинутою інфраструктурою: населеними пунктами, залізобетонними мостами, дамбами, добротними шосейними дорогами тощо, то її бажано додатково посилити мобільною складовою: танковою і механізованою ротами, на БМП, ротою НГ України на БТР і загonom СБУ, РСЗВ, артилерійською групою, ударно-розвідувальними вертольотами (літаками-штурмовиками), загonom БПЛА (дронів) тощо.

В умовах активних наступальних дій противника доцільно призначити декілька районів оборони, де за кожний з них буде відповідати *бтгр* (або декілька *бтгр*) з комплектацією, притаманній даній конкретній бойовій обстановці (ТТХ й можливостей противника) і особливостей місцевості району.

Якщо місцевість бойових дій *бтгр* більш рівнинно-стєпова, де велика множина танконебезпечних напрямків, то її доцільно додатково укомплектувати саперними підрозділами для постановки мінно-вибухових загороджень, авіаційною складовою, РСЗВ і артилерією дальньої дії та ракетними системами оперативно-тактичного призначення.

Бойові дії *бтгр* на узбережжі великих водоймищ (морів, озер й т. ін.) передбачає додаткового включення до свого складу підрозділів берегової артилерії, морської піхоти й морської авіації та підрозділів надводних кораблів (корветів, бронекатерів, мінних тральщиків й т. ін.).

Велика протяжність смуги зіткнення з противником (більш ніж 1,5 тис. км) не дозволяє практично

створити суцільну, багатоешелоновану позиційну оборону. Тому, завчасне приховане висунання у призначені райони оборони та постійний рух в їх межах, унеможливує своєчасне виявлення противником місць знаходження *бтгр* й створює умови раптовості вогневих ударів з їх боку.

Отже, застосовуючи усі види розвідки, доцільно завчасно визначити місця зосередження противника, ділянки та напрями ймовірного його наступу для визначення комплектації й бойових завдань *бтгр* та кількості, розташування в бойовому порядку й координат районів оборони.

У роботі [4] одним із сценаріїв тактики ведення оборонного бою *бтгр* з врахуванням оперативно-тактичних характеристик місцевості й бойових можливостей противника, розглядалася прихована ударно-маневрова оборона (ПУМО), головним принципом якої є виконання завдань оборони (нанесення раптових вогневих ударів), не виходячи за межі визначеного району оборони. Головним способом протидії розвідці та прицільним вогневим ударам переважаючого на напрямку (ділянці) противника, постійних рух (зміна позицій) усіх різнорідних підрозділів *бтгр*. При цьому, головною умовою такого виду бойових дій є високий професіоналізм у виконанні функціональних обов'язків кожним військовослужбовцем, абсолютна злагодженість різнорідних підрозділів, готових діяти як у складі *бтгр*, так і самостійно, та досконале знання місцевості (району оборони).

Зміни сценаріїв тактики ведення бойових дій, що спостерігався у ході російсько-української війни та під час збройних конфліктів у Сирії, Лівії, Нагорному Карабаху та на Донбасі, дозволяє стверджувати, що основними тенденціями в зміні форм і способів бойового застосування різнорідних підрозділів у складі *бтгр* можна вважати:

– наявність завчасного забезпечення розвідувальною інформацією завдяки розвідувальним супутникам країн, що підтримують Україну у боротьбі проти російської агресії, повітряній авіарозвідці, БПЛА (дронів) та військової розвідці;

– застосування провідних аналітично-розвідувальних комп'ютерних програм (платформ) для оцінки обстановки й прийняття рішення на бойове застосування *бтгр* в реальному періоді часу;

– зближення бойових і не бойових форм дій (здійснення маршів, маневрів і т. ін.), впровадження, завдяки єдиному типу зв'язку, єдиного управління та удосконалення злагодженості дій між різнорідними підрозділами під час виконання бойового завдання за єдиним тактичним планом, місцем і часом;

– перетворення наступальних і оборонних бойових дій на поєднання наступальних, оборонних, стабілізуючих і підтримуючих дій [4], які мають різне значення на різних етапах бойових дій *бтгр*;

– ведення бою невеликими за складом, проте потужними за бойовими можливостями підрозділами *бтгр*, застосування різноманітних спеціальних способів бойових дій (рейдів, наскоків, кидків, засідок і т. ін.);

– завдяки мобільності, прагненню до випередження противника в темпі та інтенсивності ведення бойових дій, точності ураження цілей завдяки загонам, озброєним розвідувально-ударними БПЛА, авіаційної складової, ПТРК “СТУГНА”, “ДЖЕВЕЛІН”, РСЗВ “М142 HIMARS”, “ВІЛЬХА” та далекобійною артилерією з GPS наведенням і т. ін., якими доцільно посилювати *бтгр*;

– поступовий перехід від окремих самостійних оборонних дій *бтгр* в районі оборони до спільних дій у взаємодії з додатковими силами сухопутних військ, протитанковими й протидесантними резервами ОК, аеромобільними десантами, підрозділами РЕБ та підрозділами Територіальної оборони [22];

– ведення бойових дій на окремих, можливо ізольованих напрямках, за наявності значних розривів у бойових порядках, навіть якщо буде ускладнення підтримання стійкої взаємодії між *бтгр*;

– значне зростання глибини ешелонування *бтгр* в районах оборони (операційних районах [3]) внаслідок збільшення дальності дії засобів ураження;

– суттєве збільшення інтенсивності й ефективності ударів з обох сторін, що зумовлює важливість організації логістичного забезпечення [23–24];

– удосконалення існуючих і розроблення нових способів застосування *бтгр* та їх засобів ураження – масованого удару високоточної зброї (РСЗВ, БПЛА, армійської й тактичної авіації, ракетно-артилерійських засобів і т. ін.) та спільного використання засобів РЕБ й застосуванням вогневого ураження;

– здійснення злагодженості дій декількох *бтгр* в одному з районів оборони (операційному районі).

Висновки

Розгляд можливих сценаріїв тактики ведення бойових дій *бтгр*, зміни способів і методів бойового застосування новітніх зразків ОВТ, зумовлюють необхідність постійного й ретельного прогнозування їх з метою визначення тенденцій і напрямів розвитку тактики в майбутньому. У ході розгляду різноманітних прикладів для різноманітних підрозділів *бтгр* з різними вихідними даними виявило:

– можливість з достатньою вірогідністю прогнозувати результат бойових дій в конкретних умовах обстановки за визначеним сценарієм, не вдаючись до розробки нових бойових засобів, а використовуючи тільки бойові засоби різноманітних підрозділів, що не потребує додаткових великих фінансових витрат і не веде до простого кількісного нарощування *бтгр*;

– відповідно до вибору оптимального сценарію тактики ведення бойових дій в конкретних бойових умовах, необхідність моделювання й підбору до складу *бтгр* різноманітних підрозділів за їх характеристиками (бойовими можливостями, ТТХ ОВТ тощо), що дозволяє з ймовірністю не нижче заданої досягти необхідного кінцевого результату бойових дій.

Крім того, завчасний та достатній рівень користності розвідувальної інформації, злагодженість дій та вибір способу оптимального цілерозподілу між різноманітними підрозділами БТГр веде до знищення противника з ймовірністю не нижче заданої, з мінімальними втратами власних бойових засобів підрозділів.

Таким чином, запропонований підхід до вибору оптимального сценарію тактики ведення бойових дій, дозволяє визначитися з різноманітними підрозділами за їх призначенням, які доцільно вводити до складу *бтгр* та отримати прогнозований результат рівня їх живучості (вразливості).

Список літератури

1. Герасименко В. П., Цибулько І. С., Андросов А. І. Розвиток тактики на основі досвіду локальних воєн і збройних конфліктів. *Наука і оборона*. 2004. № 3. С. 29–32.
2. Доктрина Об'єднані операції. Головне оперативне управління ГШ ЗС України: Наказ Головнокомандувача ЗС України від 30 лип. 2020 р. № 101/ДСК.
3. ВКП 3-113(03).01. Доктрина сухопутних операцій: Наказ начальника ГШ ЗС України від 24 січ. 2020 р. С. 32–50.
4. Варакута В. П., Кумпан О. О., Ткаченко М. Д., Подвизніков С. М. Прихована ударно-маневрова оборона в умовах проведення операцій Об'єднаних сил. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2021. № 1(67). С. 7–18. <https://doi.org/10.30748/zhups.2021.67.01>.
5. Варакута В. П., Ролін І. Ф. та ін. Основи теорії військового управління та штабні процедури НАТО. Харків: ВІТВ НТУ “ХПІ”, 2019 р. 296 с.
6. Варакута В. П., Левицький М. В., Дяченко Д. В., Стародубцев С. О., Забула О. Є. Обґрунтування залежності результату загальновійськового бою від рівня якості змістовності управлінської інформації. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2018. № 1(55). С. 8–16.
7. Вентцель Е. С. Введение в исследование операций. м: Сов. Радио, 1964. 391 с.
8. Абчук В. А., Матвейчук Ф. А., Томашевский Л. П. Уравнения динамики боя. Справочник по исследованию операций. м: МО СССР, 1979. 322 с.
9. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле / Иванов П. И. и др. м: ВВА им. Ю.А. Гагарина, 1991. С. 186–224.

10. Жиров А. Ю. Вероятностные основы оценки эффективности боевых и обеспечивающих действий авиации. *Военно-прикладная математика*. 2004. № 2. С. 80–118.
11. Иванилов В. Ю., Огарышев В. Ф., Павловский Ю. Н. Имитация конфликтов. м: ВЦ РАН, 1993. 196 с.
12. Слюсаренко А. В. Досвід ведення бойових дій у локальних війнах кінця ХХ – початку ХХІ століть, та його використання у підготовці Збройних Сил України. *Військово-технічний збірник*. 2006. № 2. С. 172–179.
13. Феденко О. В., Сальник Ю. П. Сучасні форми та способи збройної боротьби за досвідом локальних війн сучасності. *Військово-технічний збірник*. 2009. № 1. С. 3–7.
14. Кураленко С. В. Тенденции изменения характера вооруженной борьбы в военных конфликтах первой половины ХХІ века. *Военная Мысль*. 2012. № 11. С. 40–46.
15. Сидоренко Е., Гурьянов Н. Батальоны вместо бригад: веб-сайт. URL: <https://vz.ru/society/2012/9/19/598822.html> (дата звернення: 22.02.2021).
16. Phillip Dr., Karber A. Lessons learnt from Russo-Ukrainian War. *Researchgate*: web site. URL: https://www.researchgate.net/publication/316122469_Karber_RUS-UKR_War_Lessons_Learned (accessed 15.11.2021).
17. Батюшкин С. А. Подготовка и ведение боевых действий в локальных войнах и вооруженных конфликтах. Рейдовые действия в локальной войне (вооружённом конфликте). *Военная подготовка*. 2017. № 5. С. 178–181.
18. Russia's Military Modernization: An Assessment. The Second Chechen War: towards the Battalion Tactical Group: web site. URL: <https://www.iiss.org/publications/strategic-dossiers/russias-military-modernisation> (accessed 17.11.2021).
19. Способ выбора эффективной стратегии в боевых действиях разнородных группировок: пат. 2682374: МПК G06N7/06 российская федерация: № 2017136515; заявл. 16.10.2017; опубл. 19.03.2019.
20. Баркатов І. В., Варакута В. П., Фарафонов В. С., Тюрін В. О., Гончарук С. С., Лозко А. А. Використання інтерактивних тривимірних візуалізацій для вивчення бойового досвіду підрозділів в операції Об'єднаних сил. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2021. № 3(69). С. 32–43. <https://doi.org/10.30748/zhups.2021.69.04>.
21. Способ и устройство обработки информации, используемые для выбора рациональных стратегий в боевых действиях разнородных группировок: пат. 217.015.8846 от 13.01.2017. URL: <https://edrid.ru/en/rid/217.015.8846.html>.
22. Про основи національного спротиву: Закон України від 16 лип. 2021 р. № 1702-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1702-20#Text> (дата звернення 17.11.2021).
23. Доктрина логістичного забезпечення Сухопутних військ Збройних Сил України: Наказ Командувача Сухопутних військ Збройних Сил України від 15 груд. 2020 р. № 973. С. 6.
24. Порядок логістичного забезпечення сил оборони під час виконання завдань з оборони держави, захисту її суверенітету, територіальної цілісності та недоторканності: Постанова Кабінету Міністрів України від 27 груд. 2018 р. № 1208.

Надійшла до редколегії 23.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Варакута Володимир Павлович

кандидат військових наук доцент
доцент кафедри
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5759-8758>

Ряполов Євген Іванович

старший викладач
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3623-8021>

Чернявський Олег Юрійович

начальник кафедри факультету
військової підготовки
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9388-4604>

Оверчук Володимир Олександрович

науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0009-0008-8412-6474>

Information about the authors:

Volodymyr Varakuta

Candidate of Military Science Associate Professor
Senior Lecturer
of Military institute of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5759-8758>

Yevgen Ryapolov

Senior Instructor
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3623-8021>

Oleg Cherniavskiy

Head of Department of a Faculty
of Military Preparation
of Military institute of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9388-4604>

Volodymyr Overchuk

Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0008-8412-6474>

CHOISE OF THE OPTIMAL SCENARIO OF TACTICS OF COMBAT ACTIONS BY VARIOUS UNITS IN THE COMPOSITION OF BATTALION TACTICAL GROUPS

V. Varakuta, Ye. Ryapolov, O. Cherniavskiy, O. Overchuk

Taking into account the experience of local wars and armed conflicts of recent decades, in particular the events in Syria, Libya, Nagorno-Karabakh and in the East, the theory of domestic martial arts and the practice of combat use of various groups in Luhansk and Donetsk operational areas exist a number of problems. One of them is the development of new tactics of total combat in special operations. For the first time, battalion tactical groups play a key role in the implementation of special operations plans. Therefore, the work considers the reasons for the creation of such united groups of troops from different parts and units, as well as the strengths and weaknesses of such groups. Analysis of the work of specialists in the assembly and combat use of such groups. Taking into account modern views on the conduct of war, the works of modern experts do not contain systematic and generalized conclusions and do not consider possible scenarios of the tactics of conducting combat operations for different purposes and functions of units within the same military formation. To solve these issues, examples of combat episodes and methods of choosing a tactical scenario of different units of battalion tactical groups in bilateral combat, when one side has one unit and the opposite one includes several different units, show signs of changing principles, methods and tactics of combat. In addition, the work reveals the dynamics of combat operations of individual units of the unified command and predicts the final outcome of the combat operations. The purpose of the article is to determine the ways of choosing possible scenarios (options) of the tactics of conducting combat operations by different units of BTGr in specific conditions.

Keywords: *Special operation, heterogeneous units, battalion tactical group, scenario of conduct tactics, combat operations.*

В.М. Зозуля, О.В. Юла, О.С. Следнікова

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

АНАЛІЗ ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ДУЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ

У статті проведено аналіз приладів та систем вимірювання дульної (початкової) швидкості озброєння та військової техніки. Наведені вітчизняні та закордонні прилади вимірювання початкової швидкості, що вмонтовані у зброю, кріпляться на зброї, або знаходяться на відстані. Використання сучасних високоточних приладів дозволить ефективно проводити випробування. Системи вимірювання дульної швидкості серії SL-520 є найбільш ефективними при проведенні випробувань зразків озброєння та військової техніки на полігонах Збройних Сил України.

Ключові слова: прилади, дульна (початкова) швидкість, випробування, калібри, боєприпаси.

Вступ

Постановка проблеми. Забезпечення обороноздатності держави є важливою функцією. У зв'язку з наявністю загроз національним інтересам України, необхідно посилити обороноздатність, зміцнити усі її інститути безпеки, у тому числі й воєнної організації держави [1].

Захист державного суверенітету і територіальної цілісності України, демократичний конституційний лад, недопущення втручання у внутрішні справи України є фундаментальним національним інтересом України [2]. Забезпечення національної безпеки включає оборонне планування, розвиток складових сектору безпеки і оборони, оснащення сучасним озброєнням і військовою технікою, створення необхідних запасів матеріально-технічних засобів та необхідних для цього потужностей оборонно-промислового комплексу, реалізація інших заходів з посилення обороноздатності держави.

При створенні нових зразків озброєння є необхідність у проведенні різних видів випробувань для перевірки характеристик з метою прийняття рішення про доопрацювання дослідного зразка або прийняття на озброєння (постачання) Збройних Сил України.

Існує потреба Збройних Сил України у забезпеченні новітньою високоточною зброєю та модернізації існуючих зразків озброєння. Закупівля сучасної зброї яка має високі характеристики точності та потужності відбувається у вітчизняних та закордонних виробників, що також передбачає перевірку зразків озброєння на відповідність заявленим характеристикам.

Ефективність проведення випробувань залежить від точності та якості приладів, якими вимірюються характеристики зброї. Початкова швидкість руху кулі (снаряду, міни тощо) є однією з головних характеристик бойових властивостей

зброї. Вона визначається дослідним шляхом та додатковими розрахунками. Аналіз сучасних існуючих пристроїв та систем вимірювання дульної (початкової) швидкості є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В книзі “Modern Advancements in Long Range Shooting” Applied Ballistics є розділ, присвячений вимірюванню початкової швидкості польоту кулі [3]. В даному розділі розглядаються прилади вимірювання початкової швидкості кулі. Oehler 35P – основний хронограф, що використовуються для визначення початкової швидкості в приміщенні. Наведені прилади, що використовуються при вимірюванні початкової швидкості у лабораторії прикладної балістики Applied Ballistics.

В патенті [4] описано диференційний лазерний доплерівський вимірювач швидкості руху металевого елемента в каналі ствола.

В роботі [5] описано пристрій вимірювання швидкості об'єктів, які швидко рухаються уздовж траєкторії руху. Особливістю даного приладу є можливість під'єднання блока-приймача до персонального комп'ютера, що дозволяє виводити результати вимірювань у вигляді списку; звукове оповіщення; автономна робота до 24 годин. Об'єкт, швидкість якого треба виміряти, розташовують між блоком-передавачем та блоком приймачем.

В патенті [6] описано спосіб вимірювання початкової швидкості снаряда і прилад для його реалізації. Особливістю даного приладу є здійснення вузькосмугової фільтрації доплерівського сигналу, смугу фільтрації адаптують відповідно до калібру снаряда, що забезпечує високу точність вимірювання.

В статті [7] розглядається пристрій для вимірювання дульної швидкості, який розташовується на стволі зброї. Даний пристрій має такі переваги, як малий об'єм, проста структура, зручна установка, висока точність, збір даних у режимі реального часу.

В статті [8] описано систему вимірювання швидкості снаряда малого калібру із застосуванням технології створення двох лазерних екранів із використанням одного джерела та одного детектора. Конструкція системи забезпечує достатню точність проведення вимірювань.

В роботі [9] розглядається настольний прилад, розроблений на основі датчиків з пасивним підмагнічуванням для визначення швидкості польоту кулі стрілецької зброї.

В статті [10] розглядається система вимірювання швидкості снаряда на основі аналізу сигналу, створеного плівкою із полівініліденфториду (PVDF). Представлено алгоритм розпізнавання блоком проникнення снаряда та метод розрахунку швидкості снаряда.

В статті [11] проведено аналіз вимірювача початкової швидкості кулі з котушками подвійного збудження, адаптованого до стрілецьких гранатометів. Суть цього пристрою полягає в оцінці швидкості польоту снаряду за допомогою двох імпульсних сигналів, які контролюють запуск/зупинку таймера.

В роботі [12] обґрунтовано будову експериментальної установки для дослідження засобу вимірювання швидкості руху метаного елемента в каналі ствола, а також розроблені методики експериментальних досліджень засобу вимірювань за значень швидкостей, наближених до реальних умов пострілу. Досліджено працездатність подвійної диференційної схеми лазерної доплерівської анемометрії, а також запропоновано математичну модель засобу вимірювання швидкості руху метаного елемента. До експериментальної установки входять оптична частина, фотоприймач та цифровий осцилограф. Результати експериментальних досліджень підтвердили стійкість вимірювального сигналу (зокрема, на ділянках руху металюного елемента, де спостерігається просторова неузгодженість лазерних променів), можливість реєстрації і оброблення вимірювальної інформації, а також адекватність математичної моделі засобу вимірювань, отриманої теоретичним шляхом.

Радіолокаційна станція вимірювання швидкості снарядів РСВШ-112L [13–14] призначена для вимірювання початкової швидкості снарядів та куль різного калібру на виході зі ствола. Її можна розміщувати на тринозі, на кріпленні на САУ, танках, може бути інтегрована в системи артилерійського вогню.

Хронограф LabRadar [15–16] – пристрій, призначений для вимірювання балістики куль. Він може вимірювати швидкості кулі рушниць, гвинтівок, пістолетів. Хронограф може працювати автономно, а також від зовнішнього джерела

живлення.

Хронограф Oehler 35P [17] автоматично друкує кожен замір при пострілі. Він надійний і працює практично при будь-якій температурі.

Хронограф MagnetoSpeed V3 [18] розроблений для використання на стволах і глушниках. Він має гарний дизайн, компактний і міцний корпус, дисплей, варіанти батареї: 9-вольтовий або CR123, легкий доступ до батарейного відсіку, оновлення прошивки, які можна завантажити.

Радарна система вимірювання дульної швидкості (Muzzle Velocity Radar – MVR) [19] вимірює дульну швидкість широкого спектру боєприпасів для польової артилерії та мінометів, морських і зенітних гармат. Вона забезпечує точне вимірювання дульної швидкості, що значно підвищує ймовірність влучення першого снаряду, а також забезпечує наступну операційну гнучкість.

Компанія Weibel Scientific [20] виготовляє тактичні радары дульної швидкості на основі доплерівської технології. Вони розроблені для точних вимірювань швидкості вільно літаючих об'єктів, таких як снаряди, міни та ракети. Здатність точно вимірювати й аналізувати дульну швидкість у режимі реального часу є критичною під час стрільби з артилерії. Завдяки таким функціям, як самокалібрування та технології активної компенсації руху, радары для вимірювання дульної швидкості встановлюють світовий стандарт вимірювань сучасної артилерії з мінімальними вимогами до обслуговування та матеріально-технічного забезпечення.

Тактичні радіолокаційні системи серії MVRS-700 [21] Weibel – це радары, призначені для установки на саму зброю. Система призначена для встановлення на танках, гаубицях, мінометах і системах морських гармат, підключаючись безпосередньо до системи керування вогнем (FCS). Вони працюють як немодульований радар безперервної хвилі та вимірюють лише доплерівську частоту.

Доплерівська радарна система SL-520PE [22] Weibel призначена для вимірювання дульної швидкості артилерійських та стрілецьких боєприпасів калібрів 7,62-мм ÷ 155-мм в польових умовах та у приміщенні. Понад 1 000 результатів вимірювань початкової швидкості можуть зберігатися в енергонезалежній пам'яті.

Метою статті є аналіз різноманітних приладів та систем, які використовуються для вимірювання дульної (початкової) швидкості артилерійських та стрілецьких боєприпасів різних калібрів.

Виклад основного матеріалу

В патенті [4] описано конструкцію та принцип дії диференційного лазерного доплерівського

вимірювача швидкості руху металюного елемента в каналі ствола стрілецької зброї і артилерійських систем, що містить лазер, формувач променя, відбивач та фотоприймач.

Перед проведенням вимірювання швидкості необхідно провести перевірку і налагодження оптичної схеми. Забезпечення заданого ходу променів в каналі ствола здійснюється переміщенням в просторі та поворотом осей лазера, формувача променя, світлоподільної призми з напівпрозорим дзеркалом, відбивача та фотоприймача.

Для забезпечення вимірювання швидкості металюного елемента оптичний контакт фотоприймача з поверхнею металюного елемента забезпечується за допомогою відбивача і світлоподільної призми під час його руху на усій протяжності каналу ствола.

Після юстирування оптичної схеми проводиться постріл, під час якого на виході фотоприймача відтворюється вимірювальний сигнал, миттєві значення частоти якого визначають криву швидкості руху металюного елемента. Ці миттєві значення частоти сигналу на виході фотоприймача ресструються або визначаються відомими методами і засобами вимірювання частоти.

В роботі [5] описано роботу з пристроєм вимірювання швидкості об'єктів (рис.2), які швидко рухаються уздовж траєкторії руху. У розглянутого пристрою є можливість під'єднання для роботи блока-приймача до персонального комп'ютера через USB, наявність в інтерфейсі функції запису даних вимірювань, звукового оповіщення взаємодії блока-приймача з лазерами "готовий" та "помилка". Звукова команда спрощує підготовку пристрою до приведення вимірювання в польових умовах та пришвидшує сам процес.

Об'єкт, швидкість якого треба виміряти, розташовують між блоком-передавачем 1 та блоком приймачем 2. Після цього вмикаються тумблери живлення блока-передавача 7 та блока-приймача 16. У вхідній 10 та вихідній 11 приймачі лазерів блока-

приймача 2 спрямовують промені 3 напівпровідникових лазерів 6. Якщо у приймачі 10 та 11 потрапили обидва промені, то блоком-приймачем видається сигнал "готовий", а на табло світлодіодного індикатора швидкості 9 відображається "err 0". Далі треба натискати кнопку "Скинути" 12, на табло світлодіодного індикатора швидкості 9 відобразиться "." та один раз прозвучить звуковий сигнал, після цього пристрій готовий до вимірювання швидкості. Якщо один з променів 3 напівпровідникових лазерів 6 під час наведення не потрапить у приймачі лазерів 10 та 11 блока-приймача 2, то на табло світлодіодного індикатора швидкості 9 відобразиться "err 1" або "err 2", а також прозвучить звуковий сигнал "помилка". У випадку помилки треба знову налаштувати пристрій до отримання сигналу "готовий".

Після отримання сигналу «готовий» проводиться вимірювання швидкості. Значення виміряної швидкості (м/с) відображаються на табло світлодіодного індикатора 9 та записуються у внутрішню пам'ять блока-приймача. Для виконання наступного вимірювання потрібно натиснути кнопку "Скинути" 12 та почекати поки на табло світлодіодного індикатора швидкості 9 відобразиться "." та поки один раз прозвучить звуковий сигнал. Для того, щоб переглянути результати вимірювань швидкості на приладі необхідно натиснути кнопку "Вибір" 13. Також можна продивитись результати вимірювання швидкості при підключенні блока-приймача до персонального комп'ютера за допомогою USB порту 17. Пристрій дозволяє вимірювати швидкість руху об'єктів в діапазоні 24...15000 м/с; записувати та зберігати у енергонезалежній пам'яті результати 250-ти вимірювань; виводити результати вимірювання на табло по одному вимірюванню, а на персональний комп'ютер – у вигляді списку; проводити оновлення програмного забезпечення, змінювати прошивку пристрою і керуючу програму; здійснювати зарядку пристрою через USB.

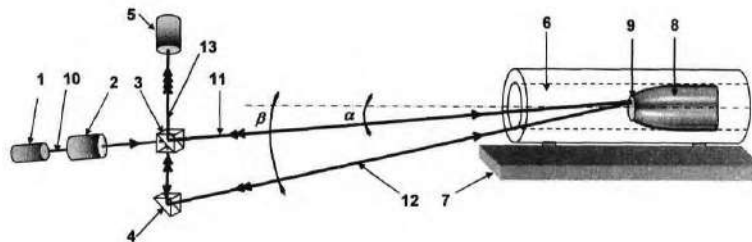


Рис.1. Конструкція приладу вимірювання швидкості руху металюного елемента в каналі ствола
Джерело: [4, С. 3]: 1– лазер, 2 – формувач променя; 3 – світлоподільна призма з напівпрозорим дзеркалом; 4 – відбивач; 5– фотоприймач; 6 – канал ствола; 7 – нерухома опора; 8 – поверхня металюного елемента; 9 – світлоповертаюче покриття; 10 – когерентне випромінювання; 11, 12 – зондувальні промені; 13 – сумарне випромінювання.

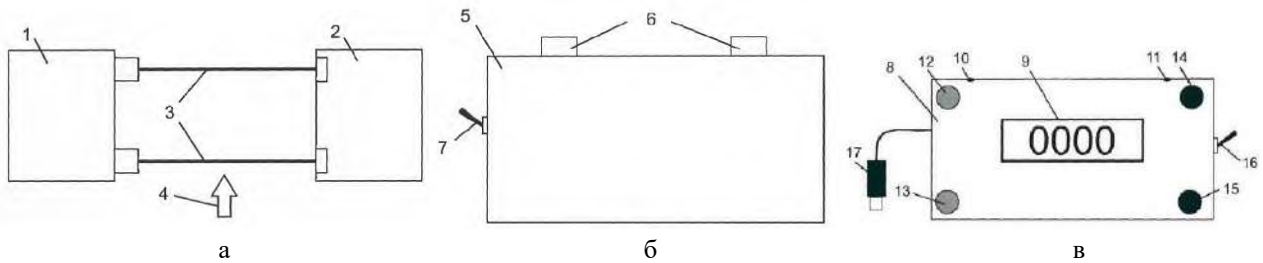


Рис.2. Прилад для вимірювання швидкості об'єктів

Джерело: [5, С. 3–4]: а – прилад вимірювання швидкості; б – блок-передавач; в – блок-приймач:

1 – блок-передавач, 2 – блок-приймач, 3 – промені лазерів, 4 – стрілка, що вказує напрямок руху об'єкта, швидкість якого вимірюється, 5 – корпусу блока-передавача, 6 – напівпровідникові лазери, 7 – тумблер живлення блока-передавача, 8 – корпус блока-приймача, 9 – світлодіодний індикатор швидкості, 10 – вхідний приймач лазерів, 11 – вихідний приймачів лазерів, 12 – кнопка “Скинути”, 13 – кнопка “Вибір”, 14 – кнопка “+”, 15 – кнопка “–”, 16 – тумблер живлення блока-приймача, 17 – USB порт.

В патенті [6] описано спосіб вимірювання початкової швидкості снаряда і артилерійську балістичну станцію для його реалізації, в якій здійснюється вузькосмугова фільтрація доплерівського сигналу. Смугу фільтрації адаптують відповідно до калібру снаряда, це дозволяє провести обробку вибірки відбитого сигналу незалежно від величини його потужності (ефективної площі відбиття снаряда), що розширює функціональні можливості при забезпеченні достовірності та високої точності вимірювання.

Вдосконалення артилерійської балістичної станції здійснюється введенням додаткових елементів, а саме: другий балансний змішувач, гетеродин, цифровий вимірювач, другий підсилювач проміжної частоти, відповідні з'єднання цих елементів між собою, а також елементів, які використовуються для узгодження ефективної смуги пропускання вимірювача, для об'єктів, що мають малу ефективну поверхню відбиття (снарядів малих калібрів).

Блок-схему артилерійської балістичної станції наведено на рис.3. Особливості розташування елементів: вихід спрямованого відгалужувача під'єднаний до сигнального входу другого балансного змішувача, гетеродинні входи першого і другого балансних змішувачів під'єднані до виходу гетеродина, опорний вхід фазового детектора під'єднаний до виходу другого балансного змішувача за допомогою другого підсилювача проміжної частоти, при цьому цифровий вимірювач, який містить послідовно з'єднані аналого-цифровий перетворювач, керований фільтр низьких частот, буферний оперативний запам'ятовуючий пристрій, аналізатор спектра, перетворювач код-частоти і обчислювально-індикаторний пристрій, що під'єднаний до виходу підсилювача низьких частот, який стробується, а також, виходи аналого-цифрового перетворювача і керованого фільтра низьких частот під'єднані до керованого синтезатора тактової частоти.

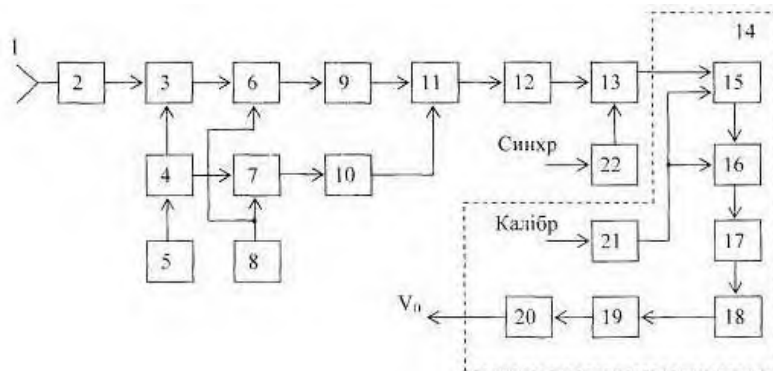


Рис.3. Блок-схема артилерійської балістичної станції, яка реалізує спосіб

Джерело: [6, С. 9–10]: 1 – антена, 2 – перетворювач поляризації, 3 – поляризаційний селектор, 4 – відгалужувач, 5 – генератор передавального пристрою, 6 – перший балансний змішувач, 7 – другий балансний змішувач, 8 – гетеродин, 9 – перший підсилювач проміжної частоти, 10 – другий підсилювач проміжної частоти, 11 – фазовий детектор, 12 – смуговий фільтр доплерівських частот, 13 – фільтр низьких частот, що стробується, 14 – цифровий вимірювач, 15 – аналого-цифровий перетворювач, 16 – керований фільтр низьких частот, 17 – оперативний запам'ятовуючий пристрій, 18 – аналізатор спектра, 19 – обчислювально-індикаторний пристрій, 20 – обчислювально-індикаторний пристрій, 21 – керований синтезатор тактової частоти, 22 – формувач вимірювального стробу.

В статті [7] розглядається пристрій для вимірювання дульної швидкості, який розташовується на стволі зброї.

Принципова схема системи вимірювання дульної швидкості показана на рис.4.

Котушка, що підключена до металодетектора CS209A вбудована в спеціальний прилад. Прилад, центральна лінія котушки та ствола пістолета колінеарні. Відстань між двома котушками виявлення d , структура та матеріал однакові. Коли снаряд запущений і починає наближатися до першої котушки зовнішнього металодетектора резонансного контуру, який складається з котушки та ємнісного шунта, його значення Q зменшується і в результаті відбувається падіння напруги в резонаторі. Коли огинаюча резонатора досягає певного значення, металевий детектор знаходиться у вихідному положенні поки снаряд не віддалиться, вихідний стан котушки металодетектора повертається знову та виводить імпульсний сигнал, схожий на прямокутну хвилю. Фаза сигналу θ_{11} . Коли снаряд повністю відключений від другої котушки, другий вихід металодетектора – прямокутний імпульсний сигнал, фаза якого дорівнює θ_{12} . Різниця фаз двох імпульсних сигналів дорівнює θ_{1e} .

Два імпульсні сигнали подаються у високошвидкісний контур фазового автопідстроювання частоти NE564 і виконують порівняння фаз, а потім виводять стабільне значення напруги V_d пропорційне θ_{1e} .

Оскільки снаряд знаходиться в стані польоту з високою швидкістю, а відстань d менша за його довжину, швидкість снаряда можна приблизно вважати однаковою, коли снаряд у процесі проходження через d , а різниця фаз фіксується за одне вимірювання. Ігнорується ефект Доплера.

У статті представлено поетапний метод вимірювання дульної швидкості та розроблено на його основі систему вимірювання дульної швидкості. Розробляється загальна схема

вимірювальної системи, потім налаштовується апаратна схема та програмується програмне забезпечення.

Після перевірки, випробування та порівняння результатів вимірювань можна побачити, що система вимірювання дульної швидкості снаряду має високу здійсненність, може адаптуватися до аналогічного вимірювання дульної швидкості кулі швидкострільної рушниці. Система підходить для широкого використання в армії. З точки зору ймовірності та математичної статистики на рівні $\alpha = 0,2$ індекс похибки вимірювання є кваліфікованим. Отже, можна вважати, що вимірювальна система може досягти такої ж точності, як і радар.

В статті [8] описано систему вимірювання швидкості снаряда малого калібру на основі лазера і детектора. Розроблено недорогу модульну систему, засновану на вимірюванні часу польоту снаряда між двома паралельними лазерними екранами для вимірювання швидкості снарядів малого калібру. Конструкція системи складається з одного джерела променя (лазерного діода) і одного детектора, який використовується для створення двох екранів. Він також забезпечує високу точність вимірювання швидкості, оскільки обидва екрани генеруються з одного джерела та мають однакову чутливість. Точність вимірювання швидкості системою складає 0,08 %.

Основна перевага даної системи перед існуючими полягає в тому, що її дизайн є інноваційним та економічно ефективним завдяки технології побудови екранів. Чутливість обох екранів однакова завдяки конструктивному аспекту, який, у свою чергу, забезпечує високу точність вимірювання швидкості снаряда. Конструкція системи дозволяє легко збільшити або зменшити відстань до екрана. Крім того, система може використовуватися як в приміщеннях, так і на полігонах.

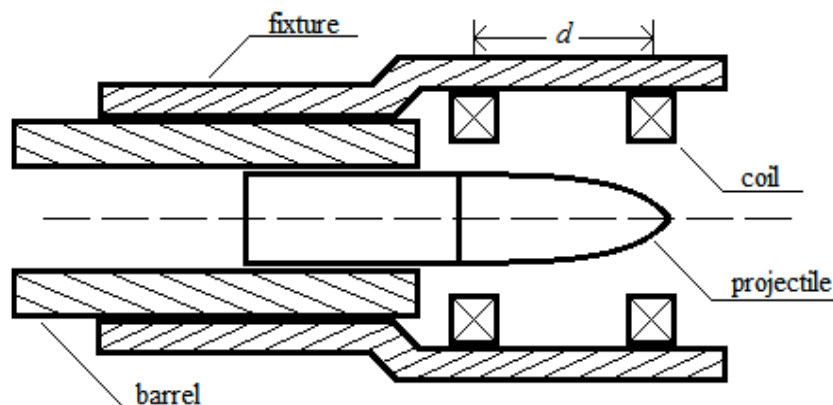


Рис.4. Принципова схема вимірювання дульної швидкості

Джерело: [7, С. 867].



Рис.5. Відображення хронометра цифрового ХЦ-7 (а) та встановленого модуля реєстрації на стволі стрілецької зброї (б)

Джерело: [9, С. 203]:

на рис. а) зображено: 1 – модуль обчислення та індикації, 2 – з'єднувальний кабель, 3 – модуль реєстрації.

В роботі [9] розглядається прилад, розроблений ДП “ХКБМ” для визначення швидкості польоту кулі стрілецької зброї. Розроблено настольний спеціальний вимірювальний пристрій хронометр цифровий ХЦ-7, який вимірює час польоту кулі калібру 7,62-мм, з використанням індуктивних датчиків з пасивним підмагнічуванням на основі неодимових магнітів. Даний прилад (рис.5 а) складається з модуля обчислення та індикації, з'єднувального кабелю, модуля реєстрації. Модуль реєстрації встановлюється на ствол стрілецької зброї замість глушника за допомогою різьбового з'єднання (рис.5 б).

Індуктивні датчики (рис.6) є пасивними котушками, намотаними в один шар з емальованого дроту, над котушками встановлені потужні неодимові магніти, прикріплені до корпусу гайками.

При перетині кулею площини пасивних індуктивних датчиків (активних зон модуля реєстрації), відбувається короткочасна зміна магнітного поля та формування аналогових імпульсів, які перетворюються блоком обчислення та індикації на цифровий сигнал, тривалість якого відповідає часу між спрацюванням індуктивних датчиків. Відлік здійснюється шляхом заповнення вимірюваного проміжку часу прямокутними імпульсами, частота імпульсів заповнення $f = 1$ МГц.

В статті [10] розглянуто систему вимірювання швидкості снаряда на основі аналізу сигналу, створеного плівкою PVDF. Представлено алгоритм розпізнавання блоком проникнення снаряда та метод розрахунку швидкості снаряда. В алгоритмі розпізнавання блоком снаряда фільтруються всі сигнали, що генеруються PVDF, і блоком ідентифікується проникаючий снаряд. Потім пороговим методом визначається час, коли снаряд досягає двох плівок PVDF, і отримується час польоту (time of flight – TOF), далі визначають швидкість польоту снаряда. Цей метод дозволяє точно розрахувати швидкість снаряда.

Загальна схема експериментального пристрою показана на рис.7. Експериментальний пристрій в

основному включає п'єзоелектричну плівку PVDF, напрямні рейки, опорну конструкцію, схему формування сигналу, комп'ютер схеми збору сигналу та екрани. Пристрій складається з двох PVDF, які закріплені одна за одною (на визначеній відстані) в опорних конструкціях на напрямній рейці. П'єзоелектрична плівка PVDF підключена до схеми формування сигналу, вихід схеми формування сигналу підключений до вхідного кінця схеми збору сигналу, а вихід схеми збору сигналу підключений до комп'ютера.

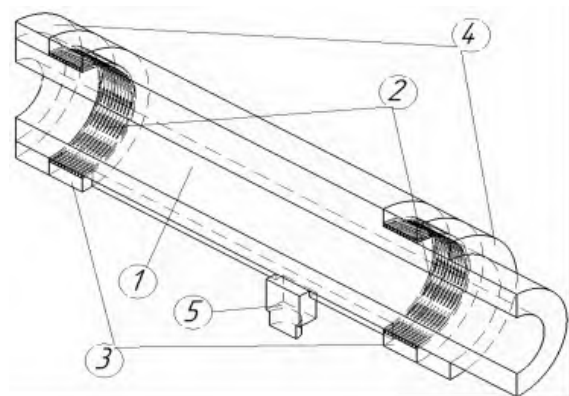


Рис.6. Відображення конструкції модуля реєстрації та індуктивних датчиків з пасивним підмагнічуванням

Джерело: [9, С. 204]: 1 – корпус, 2 – котушки, 3 – неодимові магніти, 4 – гайки, 5 – роз'єм.

Плівки PVDF, які використовуються в цьому пристрої, мають шарувату структуру, як показано на рис.8 а. У той же час кожен PVDF складається з кількох невеликих блоків PVDF, як показано на рис.8 б.

В статті [11] проведено аналіз приладу для вимірювання дульної швидкості адаптованого до стрілецьких гранатометів. В основному розглядається вид котушки збудження для вимірювання швидкості та розроблені ключові параметри цієї системи.

Всю котушку збудження можна розділити на два набори котушок. Кожен набір складається з двох шарів: внутрішнього шару, який називається

котушкою збудження, у якому генерується постійне магнітне поле, коли по ньому проходить постійний струм, і зовнішнього шару, який є індукційною котушкою. При проходженні снаряда через ділянку котушки в цій області змінюється потік, а в індукційній котушці збуджується імпульсний сигнал. Структура котушки збудження показана на рис.9 а. Процес роботи котушки збудження показаний на рис.9 б.

Суть цього пристрою полягає в оцінці швидкості

польоту снаряда за допомогою двох імпульсних сигналів, які контролюють запуск/зупинку таймера. Оскільки програма збору даних керує таймером за порогом напруги, необхідно досліджувати амплітуду сигналів. Початкова флуктуація швидкості снаряда безпосередньо впливає на частоту сигналу ділянки, а потім визначає часову роздільну здатність, тому також необхідно вивчити частотні характеристики сигналу.

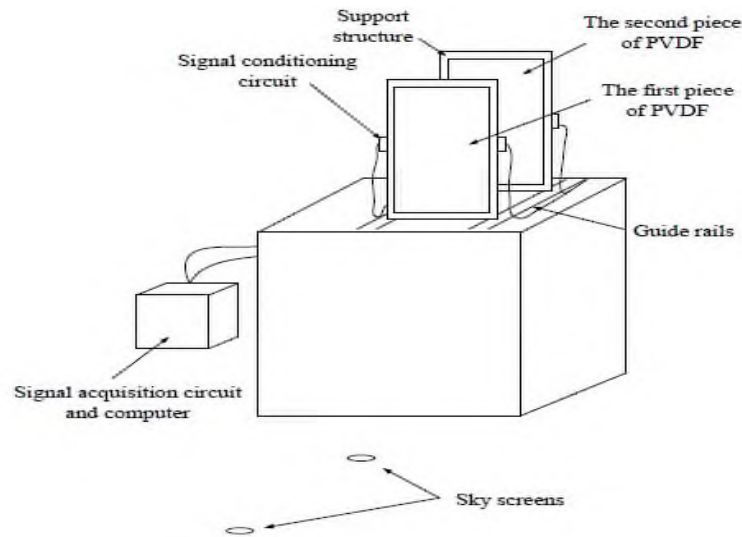


Рис.7. Загальна схема експериментального пристрою
Джерело: [10, С. 2].

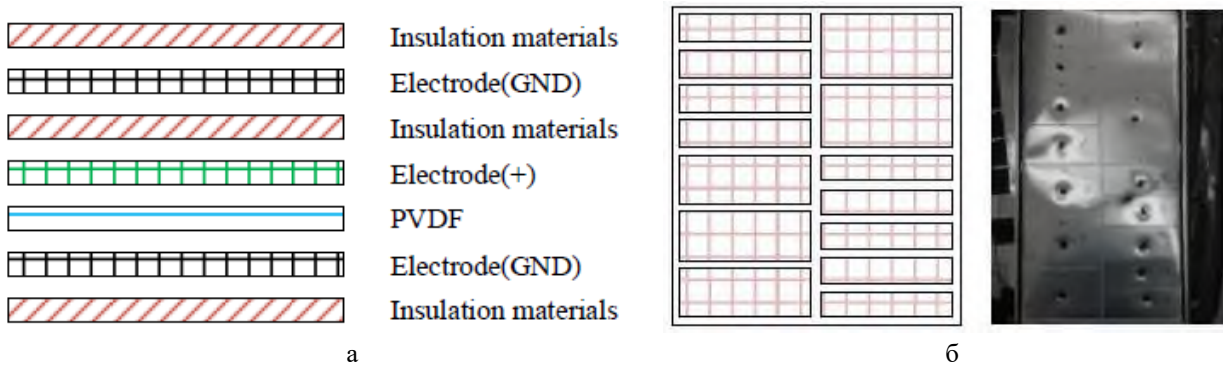


Рис.8. Відображення шаруватої (а) та блокової структури PVDF (б)
Джерело: [10, С. 2].

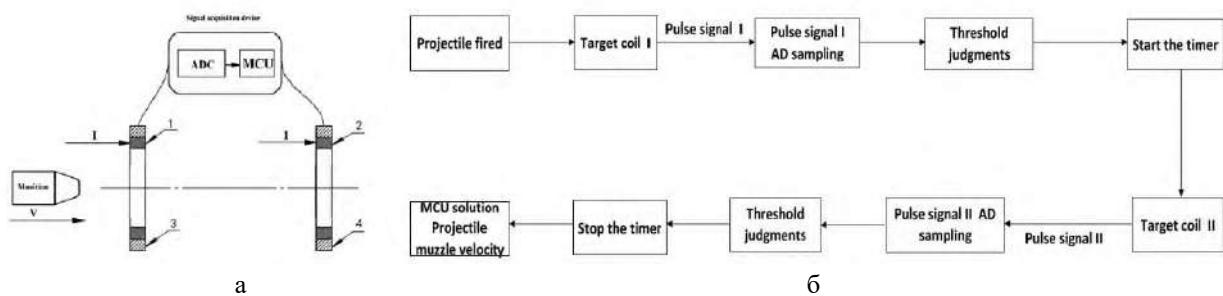


Рис.9. Структура котушки збудження (а) та процес роботи котушки збудження (б)
Джерело: [11, С. 2]: 1, 2 – котушки збудження; 3, 4 – індукційні котушки.

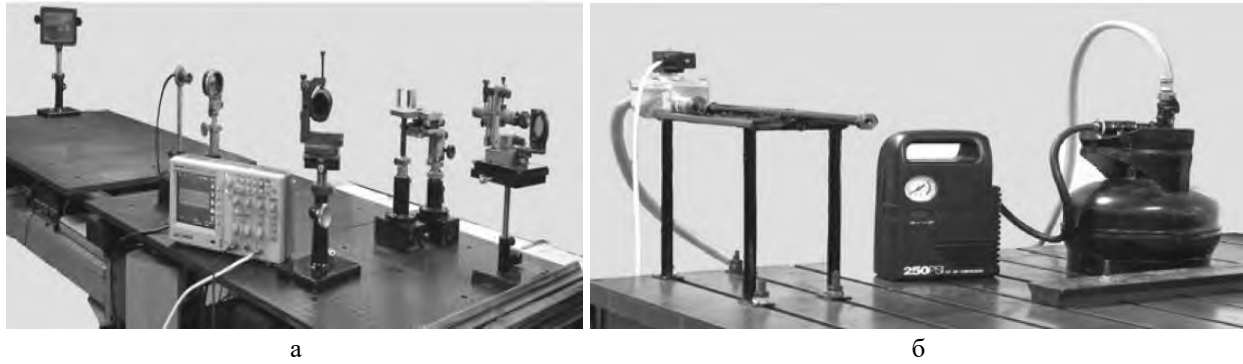


Рис.10. Експериментальна установка, яка включає оптичну частину, фотоприймач і цифровий осцилограф (а) та механічна частина експериментальної установки (б)
Джерело: [12, С. 36–37].

В роботі [12] наведено експериментальну установку для вимірювання характеристик вогнепальної зброї. Оптична частина експериментальної установки (рис.10) складається з: джерела лазерного вимірювання LaserPointer (випромінювальна потужністю 100 мВт, діаметр променя 1 мм, з довжини хвиль 650 нм та 532 нм); оптичного відбивача (розмір 15×15 мм); світлоподільної призми (розмір 15×15 мм); оптичного коліматора. Система дзеркал використовується щоб спрямувати лазерні промені на поверхню металюного елемента.

Механічна частина експериментальної установки максимально наближена за характеристиками до реальних зразків вогнепальної зброї. Вона включає елементи, робота яких імітує рух металюного елемента в каналі ствола вогнепальної зброї.

Експериментальна установка забезпечує високу швидкість польоту кулі за короткий проміжок часу,

швидкість руху металюного елемента збільшується в каналі ствола при наближенні до вильоту, що наближає характер руху до реального. Конструкція механічної частини експериментальної установки дозволяє змінювати швидкість руху кулі. Для забезпечення безпеки під час проведення експерименту рух кулі при вильоті з дульного отвору обмежується.

Радіолокаційна станція вимірювання швидкості снарядів РСВШ-112L [13–14] розроблена ВАТ “Холдингова компанія “Укрспецтехніка”. Вона призначена для вимірювання початкової швидкості снарядів та куль різного калібру на виході зі ствола гармати (зброї). Радіолокаційна станція розміщується на тринозі, на САУ, танках, також може бути інтегрована в системи артилерійського вогню. На рис.11 показано радіолокаційну станцію вимірювання швидкості снарядів РСВШ-112L (рис.11 а) та її випробування (рис.11 б).



Рис.11. Радіолокаційна станція вимірювання швидкості снарядів РСВШ-112L (а) та її випробування (б)
Джерело: [13–14].

Характеристики РСВШ-112L: частотний діапазон Ка; потужність сигналу до 80 мВт; діапазон швидкостей 50...2 000 м/с; похибка вимірювання до 0,1%; калібр об’єкту вимірювань 4,5-мм÷200-мм, живлення постійним струмом напругою 12/24 В, змінним однофазним струмом напругою 220 В;

габаритні розміри антенного блоку 250x170x130 мм, вага до 10 кг.

Хронограф LabRadar [15–16] – пристрій призначений для вимірювання балістики куль. На рис. 12, а зображено хронограф 1, що закріплений на штативі 2, на рис.12 б – хронограф 1, що

закріпленій на монтажній плиті 2. Доплерівський радар відбиває хвилі від рухомих об'єктів, а потім аналізує зміну частоти відтвореного сигналу, щоб визначити швидкість об'єкта. LabRadar відстежує снаряди на відстані приблизно 80 ярдів, надаючи показники швидкості на інтервалах відстані, які вводяться в прилад. Він також відображає початкову

швидкість, мінімальну та максимальну швидкості та інші параметри. Прилад має внутрішню пам'ять, а також SD-карту, дані зберігаються на картці USB у форматі, який можна завантажити в електронну таблицю. Має програмне забезпечення для подальшого аналізу отриманих даних на комп'ютері.



а



б

Рис.12. Хронограф LabRadar на штативі (а), на монтажній плиті (б)

Джерело: [15–16].

LabRadar може вимірювати швидкість куль рушниці, гвинтівки в діапазоні 330...1200 м/с, пістолетів 75...520 м/с. Похибка вимірювання до 0,1%. Хронограф може працювати автономно а також від зовнішнього джерела живлення.

Хронограф Oehler 35P (рис.13) [17] робить два вимірювання швидкості для кожного пострілу та дозволяє перевірити точність. Якщо дві швидкості співпадають, то вимірювання пройшло правильно. Похибка вимірювання даного приладу до 0,25%. Хронограф надійний і працює практично при будь-якій температурі. Перестає працювати тільки тоді, коли замерзає акумулятор.

Хронограф Oehler Model 35P має вбудований принтер. При пострілі він автоматично друкує кожен замір чорнилами на машинному папері, тому дані будуть збережені.



Рис.13. Хронограф Oehler 35P
Джерело: [17].

Хронограф MagnetoSpeed V3 [18] (рис.14) був розроблений для використання на стволах і глушниках діаметром від 1/2 дюйма (1,27 см) до 2 дюймів (5 см). Комплект (рис.14) включає: дисплейний блок, висувний з'єднувальний кабель, стандартний з'єднувальний кабель довжиною 6 футів, вибуховий щит з нержавіючої сталі, товсті та тонкі гумові V-подібні проставки, карту microSD з адаптером, байонетний датчик, набір полімерних прокладок з гвинтовою фурнітурою та шестигранним ключем, міцний ремінь із затягачем гайки, жорсткий чохол із спеціально вирізаною піною, центрувальний стрижень, інструкції.

MagnetoSpeed V3 використовують новаторський електромагнітний датчик (замість оптичних датчиків). Модель швидка в установці, точна, їй не важливо зовнішнє освітлення або сильний вітер. Систему передбачено для застосування налюбій зброї зі стволом навіть з глушником. Запам'ятовує 99 пострілів, розраховує корисну статистику швидкості і зберігає дані у форматі електронної таблиці на мікро SD карту. Має зручний дизайн, покращений дисплей, трикнопову систему меню, варіанти батарей: 9 В або CR123, легкий доступ до батарейного відсіку, можливість оновлення прошивки, які можна завантажити з сайту виробника, розширені можливості реєстрації даних і усунення несправностей, компактний і міцний корпус дисплея, швидкий режим швидкісного вогню, є можливість працювати з пневматичною зброєю.

Радарна система вимірювання дульної швидкості MVR від RSL (рис.15) [19] є перевіреним

у боях тактичним радаром вимірювання дульної швидкості, він використовуються багатьма збройними силами: на озброєнні Армії оборони

Ізраїлю (IDF), армії та морської піхоти США, армії та флоту Індії, армії та флоту Туреччини, армії Канади та багатьох інших.



Рис.14. Відображення комплекту балістичного хронографа MagnetoSpeed V3 у жорсткому футлярі (а) та його установки на стволі (б)
Джерело: [18].



Рис.15. Відображення зовнішнього вигляду радарної системи вимірювання дульної швидкості MVR від RSL (а) та процесу проведення вимірювання (б)
Джерело: [19].

Перевагами даної радарної системи є точне вимірювання дульної швидкості, що забезпечує експлуатаційні переваги: покращену ймовірність влучання, швидший час відгуку для визначення середньої точки попадання або розриву, яка знаходиться на бажаній відстані від цілі або точки коригування/дальності (Fire-For-Effect), краще використання наявних артилерійських платформ. Крім означеного наявні логістичні переваги: потреба у меншій кількості гармат та боеприпасів для досягнення необхідного ефекту, менший знос ствола гармати, менше навантаження на логістичну структуру.

Даним радаром вимірюють дульну швидкість будь-якого існуючого типу снарядів. Радарна система відображає середню кількість здійснених пострілів і нормалізовану середню дульну швидкість відповідно до ваги снаряда та температури порохового заряду. У пам'яті системи можна зберегти до 1 000 треків вимірювання дульної швидкості. Автоматичне ввімкнення

процесу реєстрації здійснюється на момент виходу снаряду з каналу ствола у ході здійснення пострілу без допомоги людини. Модульна конструкція спрощує технічне обслуговування системи, вбудований контроль визначає несправності до рівня модуля.

Технічні характеристики: похибка до 0,1 %, калібр – 20-мм і вище, діапазон вимірювань дульної швидкості 50...2 000 м/с, скорострільність – до 20 пострілів за хвилину в одиночному режимі або 3 000 пострілів за хвилину в режимі залпу.

Компанія Weibel Scientific [20] поставила більше 4 000 тактичних радарів для вимірювання дульної швидкості в 30 країн. Тактичні радары на основі доплерівської технології Х-діапазону вимірюють дульну швидкість артилерійських систем (снаряди, мін, ракети).

Здатність точно вимірювати й аналізувати дульну швидкість у режимі реального часу є критичною під час стрільби з артилерії. Дані про дульну (початкову) швидкість важливі, як і

метеорологічні дані та характеристики снарядів (мін, ракет).

Кілька факторів можуть впливати на дульну (початкову) швидкість пострілу, включаючи характеристики зброї, зношування ствола (настріл), дисперсію партії боєприпасів, умови стрільби, продуктивність екіпажу, умови системи віддачі. Дуже важливо компенсувати ці фактори, щоб досягти бажаної точності, регулюючи налаштування зброї на основі фактичної дульної (початкової) швидкості.

Радар для вимірювання дульної швидкості – це проста система, яка складається із антени з вбудованим процесором і додаткового блоку індикації, що розміщено біля навідника або командира батареї. Дульна (початкова) швидкість розраховується за допомогою використання швидкого перетворення Фур'є (FFT) і цифрової обробки сигналів.

Антенний блок містить всю необхідну електроніку та акустичний тригер. Його тригерний і доплерівський сигнали оцифровуються процесором і зберігаються для цифрового аналізу відразу після запису (реєстрації). Результат видно на комп'ютері Fire Control або на додатковому дисплеї менше, ніж через дві секунди після спрацювання зброї.

Тактичні радіолокаційні системи серії MVRS-700 [21] Weibel – це радари, призначені для вимірювання дульної швидкості в діапазоні 30...3 000 м/с. Серія має низку унікальних додаткових функцій для підвищення продуктивності: немає необхідності в калібруванні протягом усього життєвого циклу системи, оскільки

функціонує режим самокалібрування; компенсація руху для оптимальної точності вимірювання швидкості; застосовується змінна частота, щоб уникнути перешкод від інших пострілів. Незалежно від того, чи встановлено її на застарілих або сучасних зразках озброєння, MVRS зменшить кількість пострілів, витрачених на неефективну стрільбу через нормальне розсіювання. Це означає, що для досягнення бажаного кінцевого ефекту потрібна менша кількість снарядів, і екіпаж може швидше провести вимірювання.

Доплерівські радарні системи серії SL-520PE [22] Weibel – це переносні радари, призначені для вимірювання дульної швидкості в діапазоні 30...10 000 м/с з можливим відхиленням $\pm 0,05$ %. Моделі швидкі в установці та налаштуванні, мають компактні розміри, використовують ударостійкі ноутбуки Toughbook з захищеним корпусом, захистом клавіатури від протоки рідини, можливістю автономної роботи 28,5 годин, мають інтегровану GPS синхронізацію часу.

Є можливість об'єднання декількох типових радарів та управління ними з одного пульта для сумісного проведення вимірювань з метою підвищення точності.

Протягом всього періоду експлуатації відбувається самокалібрування системи (опція). Самокалібрування здійснюється на основі орієнтування до швидкості світла.

На рис.16 зображено процес вимірювання дульної швидкості за допомогою системи серії SL-520.

Анени дозволяють проводити вимірювання на низькій висоті.



Розміщення антенної системи радарної системи серії SL-520 відносно ствола гармати при проведенні вимірювань

Рис.16. Відображення процесу вимірювання дульної швидкості за допомогою системи серії SL-520
Джерело: [23, С. 1].

Висновки

Із порівняння наведених у статті приладів та систем для вимірювання дульної (початкової) швидкості польоту куль (снарядів, мін, ракет) різних калібрів можливо визначити, що найбільш універсальними і достатньо точними приладами, які дають можливість ефективно проводити випробування зразків озброєння на полігонах, є системи серії SL-520. Перевагами зазначених систем

є: діапазон можливих швидкостей проведення вимірювань, висока точність вимірювань, можливість вимірювання дульної швидкості всіх типів артилерійських та стрілецьких боєприпасів різних калібрів, наявність опції самокалібрування протягом всього строку служби, інтегрована GPS синхронізація часу, можливість комплексного застосування типових радарів та тривалість автономної роботи.

Список літератури

1. Саганюк Ф., Романов І., Соловей О. Обороздатність держави: шляхи її посилення. Політичний менеджмент: науковий журнал Інституту політичних і етнонаціональних досліджень ім. І. Ф. Кураса НАН України. Київ: Центр соціальних комунікацій. 2009. № 3(36). С. 69–80.
2. Про національну безпеку України: Закон України від 21 червня 2018 р. № 2469-VIII із змінами в редакції від 05.12.2022 р. *Урядовий кур'єр*. 2018. № 132. Ст. 3.
3. Measuring Muzzle Velocity. *Applied ballistics the science of accuracy*: web site. URL: <https://appliedballisticsllc.com/slug/measuring-muzzle-velocity/> (accessed: 03.01.2023). Доступ у PDF: URL: <https://appliedballisticsllc.com/wp-content/uploads/2021/06/Measuring-Muzzle-Velocity.pdf> (accessed: 03.01.2023).
4. Диференційний лазерний доплерівський вимірювач швидкості руху металевго елемента в каналі ствола: пат. 96388 Україна: МПК G01S 17/02. № у 2014 06375; заявл. 10.06.2014; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 3. 3 с.
5. Пристрій вимірювання швидкості: пат. 102365 Україна: МПК G01P 3/36, G02B 27/48. № у 2015 04253; заявл. 30.04.2015; опубл. 26.10.2015, Бюл № 20. 4 с.
6. Спосіб вимірювання початкової швидкості снаряда і артилерійська балістична станція для його реалізації: пат. 92426 С2 Україна: МПК F42B 35/00, G01S 13/58. № а200908876; заявл. 25.08.2009; опубл. 25.10.2010, Бюл № 20. 10 с.
7. Yue Y., Zhao F., Zhang J., Han X. The Design of Muzzle Velocity Measuring System for Rapid Rate Firing Gun. *Proceedings of the 2016 4th International Conference on Mechanical Materials and Manufacturing Engineering*. Atlantis Press, October 2016. Vol. 79. P. 866–869.
8. Kalonia R. C., Mohan S., Bahuguna B. B., Mathew T., Singh M., Yadav M. S. Small caliber projectile velocity measurement system based on a single laser source and a single detector. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 2011. Vol. 70. P. 762–766.
9. Дудко В. В., Сергиенко А. А., Малеев И. Ю., Каторгин А. Н., Деев С. Г. Разработка измерительного прибора на основе датчиков с пассивным подмагничиванием для определения скорости полета пули стрелкового оружия. *Механіка та машинобудування*. 2017. № 1. С. 201–205.
10. Chen X., Song P., Zhai Y. Projectile Velocity Measurement System Based on PVDF and Data Processing Method. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1187. No. 3. P. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1187/3/032011>.
11. Qiao Z., He G., Zhang Z., Guo Y. Analysis of muzzle velocity measuring device for small arms grenade. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018, July. Vol. 170. No. 4. P. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042028>.
12. Мудрик В. Г., Торяник Д. О., Зюбан М. І. Обладнання для вимірювання внутрішньо-балістичних характеристик вогнепальної зброї. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. № 3(51). С. 36–42.
13. Радіолокаційна станція вимірювання швидкості. *Укрспецтехніка: Радіоелектронна техніка військового та спеціального призначення*: веб-сайт. URL: <http://ust.com.ua/item/radiolokacijna-stanciya-vimirjuvannya-shvidkosti/> (дата звернення: 04.01.2023).
14. “Укрспецтехніка” успішно провела випробування нової радіолокаційної станції вимірювання швидкості снарядів. *Defense Express*: веб-сайт. URL: https://defence-ua.com/news/ukrspetstehnika_uspishno_provela_viprobuvannja_povoji_radiolokatsijnoji_stantsiji_vimirjuvannja_shvidkosti_snarjadiv_video-1552.html (дата звернення: 04.01.2023).
15. Оборонно-промисловий кур'єр: веб-сайт. <https://opk.com.ua/ukrspetstehnika-viprobuvava-rls-vi/> (дата звернення: 04.01.2023).
16. Хронограф LabRadar Ballistic Velocity Doppler Radar. *Punisher*: веб-сайт. URL: <https://punisher.com.ua/ua/khronograf-labradar-ballistic-velocity-doppler-radar/> (дата звернення: 04.01.2023).
17. A New Way to Measure Bullet Ballistics LabRadar is an easy-to-use, but (slightly) finicky, chronograph. *Outdoorlife*: web site. URL: <https://www.outdoorlife.com/measure-bullet-ballistics-labradar-chronograph-review/> (accessed: 04.01.2023).
18. Model 35P. *Oehler*: web site. URL: <https://oehler-research.com/model-35p/> (accessed: 05.01.2023).
19. MagnetoSpeed V3 Ballistic Chronograph in Hard Case. *MagnetoSpeed*: web site. URL: <https://magnetospeed.com/products/v3-ballistic-chronograph> (accessed: 05.01.2023).
20. MVR: Muzzle Velocity Radar System. *RSL Electronics*: web site. URL: <http://www.rsl-electronics.com/RSL/Templates/showpage.asp?DBID=1&LNGID=1&TMID=108&FID=1351&IID=1788> (accessed: 05.01.2023). Доступ у PDF: URL: <http://www.rsl-electronics.com/RSL/userdata/SendFile.asp?DBID=1&LNGID=1&GID=567> (accessed: 05.01.2023).
21. Muzzle velocity measurements: Artillery. *Weibel Doppler Radars*: web site. URL: <https://weibelradars.com/defense/ground/muzzle-velocity-measurements-artillery/> (accessed: 05.01.2023). Доступ у PDF: URL: <https://dkkn97s94if1u.cloudfront.net/wp-content/uploads/2022/06/Tactical-Muzzle-Velocity-Radars-Brochure.pdf> (accessed: 05.01.2023).
22. Tactical Muzzle Velocity Radar. *Armada International*: web site. URL: <https://www.armadainternational.com/2021/05/tactical-muzzle-velocity-radar/> (accessed: 06.01.2023).
23. Керівництво по експлуатації системи вимірювань дульної швидкості SL–520PE. Данія: Weibel, 2015. 230 с.
24. Velocity Radar the SL Series. *Weibel Doppler Radars*. URL: https://dkkn97s94if1u.cloudfront.net/wp-content/uploads/2019/12/CS-1067_Velocity-Radars_Web.pdf. (дата звернення: 06.01.2023).

Надійшла до редколегії 25.01.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Зозуля Валерій Миколайович
начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6389-4302>

Information about the authors:

Valerij Zozulia
Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6389-4302>

Юла Олександр Васильович

начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6309-6594>

Следнікова Олена Сергіївна

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5444-1747>

Oleksandr Yula

Head of Scientific Research Laboratory
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6309-6594>

Olena Sliednikova

PhD in Engineering
Senior Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5444-1747>

ANALYSIS OF DEVICES AND SYSTEMS FOR MEASURING MUZZLE VELOCITY

V. Zozulia, O. Yula, O. Sliednikova

The article analyzes instruments and systems for measuring the muzzle (initial) velocity of artillery and small arms ammunition of different calibers. Local and foreign devices that are mounted on weapons or which are located at a distance are given. Most of the devices considered in this article can work autonomously, which is an advantage when using them at the landfill.

An important component of ensuring the defense capability of the State is the high level of Armed Forces of Ukraine equipment with new high-precision weapons and military equipment and the modernization of existing weapons, which involves verification of weapons samples for compliance with the declared characteristics of the manufacturer (supplier).

The effectiveness of the tests depends on the accuracy and quality of the instruments(systems) which are used to measure the characteristics of the weapons. The initial speed of the ball (shell, mines, etc.) is one of the main characteristics of the weapon's combat properties. It is determined experimentally and by additional calculations.

The SL-520 series systems are versatile and precise instruments that allow the effective testing of weapons samples at training grounds. The advantages of these systems are: range of possible measurement speeds, high measurement accuracy, the possibility of measuring the muzzle velocity of all types of artillery and small-arms ammunition of different calibers, self-calibration option for the whole life cycle, integrated GPS time synchronization, the possibility of complex application of typical radars and the duration of autonomous operation.

Keywords: *devices, muzzle (initial) velocity, tests, calibers, ammunition.*

А.М. Катунін¹, О.В. Коломійцев², В.В. Пустоваров³, Р.М. Олійник³

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків

²Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків

³Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

МОЖЛИВОСТІ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ДИФРАКЦІЄЮ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ВІДБИВНИХ ПОКРИТТЯХ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЇЇ ЗАХИСТУ ВІД БОЄПРИПАСІВ ІЗ НАПІВАКТИВНИМИ ЛАЗЕРНИМИ СИСТЕМАМИ НАВЕДЕННЯ

У статті обґрунтовано необхідність щодо вдосконалення існуючих способів захисту озброєння та військової техніки (ОВТ) від бомб (керованих боєприпасів, запущених з безпілотних літальних апаратів, баражуючих боєприпасів тощо) із напівактивними лазерними системами наведення (ЛСН) на основі керованих відбивних покриттів. Проведено стислий порівняльний аналіз основних методів керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях зразків ОВТ. Виявлено потенційні можливості акустооптичного, електрооптичного та термооптичного ефектів для управління дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях зразків ОВТ. Реалізація керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях зразків ОВТ дозволить здійснювати виведення з робочого стану системи керування боєприпасів із напівактивними ЛСН внаслідок коливання точки наведення.

Ключові слова: озброєння та військова техніка, керована бомба, боєприпас, лазерна система наведення, дифракція, відбивне покриття.

Вступ

Постановка проблеми. Для високоточного наведення та ураження наземних і повітряних цілей активно застосовуються ракети і керовані бомби з відповідними системами наведення, що використовують різні способи наведення. Висока точність влучання ракети є її головним показником ефективності. Системи наведення покращують точність ракети шляхом “Ураження одним пострілом” (SSKP), що є частиною розрахунку живучості, яка пов’язана з моделлю залпового вогню [1–2]. Такі технології наведення поділяються на декілька розрядів, із широкими категоріями “активного”, “пасивного” та “запланованого” керування.

У ракетах і керованих бомбах використовують однакові типи систем наведення. Водночас керовані бомби залежать від швидкості та висоти їх пуску з літака. Бомба з лазерним наведенням – це керована бомба, яка має напів-активне лазерне наведення для ураження визначених цілей з більш високою точністю, ніж бомби вільного падіння [3] (рис.1). Однак, оскільки ракети і керовані бомби відстежують світову сигнатуру, а не об’єкт, ціль повинна опромінюватися від окремого джерела, або наземними силами, або з обладнання атакуючого літака, або з літака підтримки. Зараз, бомби керовані лазером є одними з основних і широкопоширених керованих бомб (боєприпасів), що використовують у військово-повітряних силах багатьох країн світу.



а



б

Рис.1. Керована бомба GBU-10 вражає ціль
Джерело: фотографії за даними [2–3].

На даний час повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України актуальною постає проблематика щодо захисту озброєння та військової техніки (ОВТ) Збройних сил (ЗС) України від ракет (боєприпасів) із напівактивними лазерними системами наведення (ЛСН). Таким чином, вдосконалення існуючих способів щодо захисту ОВТ від боєприпасів із напівактивними ЛСН є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [4] викладені теоретичні основи та прикладні рекомендації щодо побудови комплексів захисту літальних апаратів (ЛА) від керованих ракет класів “повітря-повітря” та “поверхня-повітря” з інфрачервоним (ІЧ) самонаведенням. У єдиному замислі розглянуті питання аналізу керованих ракет з ІЧ самонаведенням як об’єктів протидії для комплексів захисту ЛА, принципи побудови бортових систем попередження про ракетну атаку, систем активних модульованих оптичних завад, хибних теплових цілей та засобів їх застосування, а також шляхи, способи та засоби зниження ІЧ помітності повітряних об’єктів (ЛА).

Відома реалізація декількох способів захисту ОВТ від ракет із напівактивними ЛСН. При цьому, для примусового відведення ракет можливо застосування макетів ОВТ (хибних цілей), що опромінюються лазерним цільказником вручну або автоматично [5]. При цьому, частота випромінювання повинна відповідати тій, що застосовується противником для підсвічування ОВТ.

Також, досить широко, використовуються екрани з теплорозсіючими та відбивними покриттями [6]. Теплорозсіючі покриття дозволяють знизити інтенсивність відбитого від ОВТ випромінювання за рахунок поглинання випромінювання у матеріалі покриття, а відбивні – здійснювати заданий перерозподіл відбитого від ОВТ випромінювання у просторі. Таким чином досягається зниження дальності застосування керованих бомб (боєприпасів) із напівактивними ЛСН.

Однак, до основних недоліків даних способів можливо віднести наступні: висока вартість та риси демаскування.

Мета статті – визначення можливостей щодо використання методів керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях ОВТ для її захисту від боєприпасів із напівактивними ЛСН.

Виклад основного матеріалу

Одним із перспективних є спосіб, у якому здійснюється виведення з робочого стану системи керування боєприпасу шляхом швидкої зміни положення (коливань) світлових плям – оптичних

перешкод на підстилаючій поверхні. Його реалізація здійснюється за рахунок використання керованого дифракційно відбивного покриття для оперативної зміни періоду структури покриття. Кероване дифракційно відбивне покриття характеризується можливістю зміни періоду своєї структури та забезпечує швидкі зміни положень напрямків відбиття лазерного випромінювання (ЛВ), внаслідок чого відбуваються зміни положення (коливання) світлових плям – оптичних перешкод на підстилаючій поверхні.

Розподіл інтенсивності відбитого від дифракційно відбивної поверхні ЛВ можливо визначити за співвідношенням:

$$I = I_0 / N^2 \cdot \sin^2 u / u^2 \cdot \sin^2(N \cdot v) / \sin^2 v, \quad (1)$$

де I_0 – інтенсивність зондувального лазерного випромінювання;

N – число штрихів геометрично неоднорідної структури поверхні відбивного покриття;

$\sin^2 u / u^2$ – множник, що визначає дифракцію від кожного відбивного елемента поверхні покриття;

$\sin^2(N \cdot v) / \sin^2 v$ – множник, що визначає основні характеристики спектру і положення головних дифракційних максимумів діаграми розсіювання (ДР) геометрично неоднорідної поверхні відбивного покриття.

Випромінювання, відбите від дифракційно відбивної поверхні, поширюється у напрямках, що задовольняють наступній умові:

$$\phi = \arcsin\left(\frac{j\lambda}{d}\right), \quad j=0, \pm 1, \pm 2. \quad (2)$$

На основі (2) отримано графік залежності значення кута розповсюдження відбитого ЛВ від зміни значення періоду покриття d для $\lambda=0,53$ мкм, $d = 10,6$ мкм та третього порядку дифракції (рис.2) [17].

Аналіз даного графіку дозволяє зробити наступні висновки, відносно перспектив використання керованих дифракційно відбивних покриттів для захисту ОВТ:

– керування значенням періоду d теоретично дозволяє змінювати напрямки розповсюдження відбитого від покриття ЛВ у кутах до 3° ;

– зміна значення періоду d менше ніж на 10% (з 11 мкм до 12 мкм) дозволяє змінювати положення головного дифракційного максимуму ДР дифракційно відбивного покриття на $0,7^\circ$.

Отже, за зміною значення періоду d можливо оперативно змінювати положення напрямків відбиття ЛВ (головних дифракційних максимумів ДР дифракційно відбивного покриття). За визначеними напрямками формуються світлові

плями – оптичні перешкоди на підстиляючій поверхні.

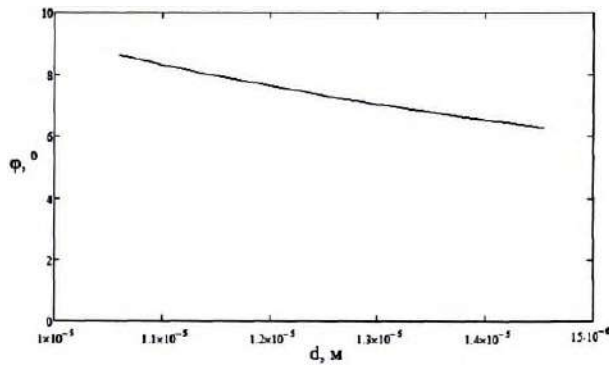


Рис.2. Графік залежності значення кута розповсюдження відбитого ЛВ від зміни значення періоду покриття d для $\lambda=0,53$ мкм, $d=10,6$ мкм та третього порядку дифракції
Джерело: розроблено за даними [17].

Реалізація даного способу захисту ОБТ полягає у наступному. При підсвічуванні ОБТ носієм з лазерною станцією підсвічування цілей система попередження визначає напрям на станцію підсвічування цілей. На основі отриманих даних здійснюється орієнтація екрану з керованим дифракційно відбивним покриттям таким чином, щоб напрями розповсюдження головних дифракційних максимумів ДР збігалися з напрямом на підстиляючу поверхню і формування світлових плям – оптичних перешкод відбувалося на відстанях, що забезпечують попадання оптичних перешкод у поле зору системи наведення боєприпасів.

При цьому, відстань ОБТ, що захищається, до світлових плям – оптичних перешкод повинна перевищувати радіус ураження боєприпасів. В кутових секторах, відмінних від напрямів розповсюдження головних дифракційних максимумів ДР дифракційно відбивного покриття, спостерігатиметься значне зниження інтенсивності відбитого ЛВ. Тому, інтенсивність відбитого ЛВ у напрямках станції підсвічування цілей і атаки цілі боєприпасом має невисоке значення.

Одночасно з цим швидко змінюється значення періоду дифракційно відбивного покриття та, відповідно, положення світлових плям – оптичних перешкод на підстиляючій поверхні. Дані швидкі зміни положення (коливання) світлових плям – оптичних перешкод на підстиляючій поверхні обумовлюють коливання точки наведення боєприпасів із напівактивними ЛСН, що призводить до виведення з робочого стану системи керування.

Таким чином, застосування керованого дифракційно відбивного покриття дозволяє підвищити рівень захисту ОБТ за рахунок виведення з робочого стану системи наведення

боєприпасу із напів-активними ЛСН внаслідок коливання точки наведення.

В свою чергу, методи керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях ґрунтуються на застосуванні у покриттях матеріалів, у яких відбивні властивості можливо цілеспрямовано змінювати шляхом застосування акустооптичного, електрооптичного та термооптичного ефектів [7–10; 12–15].

Акустооптичний метод керування дифракцією передбачає просторову модуляцію коефіцієнта відбиття в середовищі, яка здійснюється ультразвуковими (акустичними) хвилями. При поширенні ультразвуку у відбивному покритті утворюється фазова решітка (ділянки стиснення і розрядження матеріалу середовища поширення хвиль). Амплітуду деформації ε_k можливо виразити через потужність звукової хвилі P_3 та параметри активного середовища [8–9] наступним чином:

$$\varepsilon_k = [2P_3 (aL\rho v_3)]^{1/2}, \quad (3)$$

де ρ – густина середовища;

aL – площа перерізу акустичного стовпа у напрямку поширення звукової хвилі;

v_3 – швидкість поширення хвилі у матеріалі покриття.

При використанні рухомих акустичних хвиль фазові решітки у середовищі рухаються зі швидкістю звукової хвилі та період решітки становить половину довжини хвилі. У свою чергу, у випадку застосування стоячої хвилі, при виконанні умови з $v_3 \ll 1$, де v_3 – швидкість світла, фазову решітку прийнято вважати нерухомою для падаючої світлової хвилі.

Таким чином, можливо стверджувати, що цілеспрямована зміна характеристик акустичної хвилі призводить до можливості формування відбивної фазової решітки із заданими параметрами, на якій буде дифрагувати випромінювання. Внаслідок відбиття випромінювання від даного покриття ОБТ буде отримано певний просторовий перерозподіл відбитого випромінювання. З кристалічних середовищ найбільш перспективними для видимого та ближнього ІЧ-діапазонів є парателурит (TeO_2), молібдат свинцю (PbMo_4O_4) та солі альфайдистой кислоти ($\alpha\text{-HfO}_3$) [8–9].

Незважаючи на перспективність даного методу керування дифракцією оптичного випромінювання, створення відбивних дифракційних покриттів на основі розглянутого методу має ряд недоліків [8–9]:

- дифракційна ефективність становить ~40 %;
- високий коефіцієнт загасання акустичних хвиль у середовищах і, як наслідок, нестабільність параметрів створюваної відбивної фазової решітки;

– відсутність можливості створення заданого профілю покриттів.

Електрооптичний метод управління дифракцією ЛВ ґрунтується на явищі наведеної анізотропії середовищ під дією поля (електрооптичного ефекту). У роботі [11] проведено експериментальне та теоретичне дослідження електрично-керованої дифракції світла на голограмах, записаних у кристали LiNbO_3 . Експериментально доведено можливість формування 20 видів голограм за різних впливів зовнішнього електричного поля. Існують фазові транспаранти, у яких передбачається керування характеристиками на основі електрооптичного ефекту. Дані елементи дозволяють здійснювати формування просторового рельєфу з частотою $10 - 100 \text{ мм}^{-1}$ зі смугою пропускання $10 - 10^3 \text{ Гц}$.

Такі системи мають тритактний режим роботи:

- створення рельєфу відбивного дифракційного елемента;
- перетворення оптичного сигналу;
- руйнування рельєфу відбивного дифракційного елемента.

Результати експериментальних і теоретичних робіт, що ведуться у даному напрямку, вказують на перспективність даного методу керування дифракцією оптичного випромінювання.

Однак, зараз створення відбивних дифракційних елементів (покриттів), що використовують електрооптичний ефект, обмежено наступними недоліками даного методу:

- жорсткі вимоги до однорідності керуючого електричного поля;
- взаємний вплив керуючого поля і оптичного випромінювання.

Термооптичний метод управління дифракцією світла полягає у зміні оптичних констант відбивних покриттів під впливом температури [7].

Багатошарові інтерференційні системи (БІС) зі спеціальними плівками (зокрема плівкою діоксиду ванадію VO_2) як керуючий елемент досить широко використовуються для керування дифракцією ЛВ. Оборотної фазовий перехід напівпровідник-метал у плівках такого типу, що відбувається при зміні температури, супроводжується істотною зміною її оптичних констант, що дозволяє змінювати оптичні характеристики інтерференційної системи, що містить плівку. У відбивних БІС залежно від типу інтерференційної системи можуть бути реалізовані позитивна, негативна та знаковмінна величини залежності коефіцієнта відбиття від температури. Відбивні покриття на основі БІС з плівкою є інтерференційні системи, у яких сформована просторова структура (дифракційна решітка) з областей із постійними оптичними параметрами та областей із оптичними параметрами, залежать від

температури. Областям першого типу відповідають коефіцієнт відбиття R_1 та фаза відбитого випромінювання φ_1 , областям другого типу – $R_1(T)$ та $\varphi_2(T)$ відповідно.

Найпростішою структурою подібного типу є дифракційна решітка із постійним періодом. У цьому випадку для нормального падіння світлової хвилі інтенсивність випромінювання у дифракційному порядку можна представити у наступному вигляді:

$$I = I_0 K (R_1 + R_2 - 2\sqrt{R_1 R_2} \cos(\varphi_1 - \varphi_2)), \quad (4)$$

де I_0 – інтенсивність падаючого випромінювання;

K – параметр, що залежить від геометрії дифракційної решітки та порядку дифракції.

Найбільший практичний інтерес становить ситуація, коли коефіцієнт відбиття R_1 дорівнює максимальному коефіцієнту відбиття:

$$R_2(T) = R_2 \max.$$

Максимальна дифракційна ефективність у дифракційних порядках реалізується при виконанні однієї з двох умов:

- або $R_1 \gg R_2$;
- або $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi$ та $R_1 = R_2$.

На основі БІС з плівками можлива реалізація амплітудних і фазових дифракційних решіток. Керування дифракцією на відбивних покриттях (плівках) (зміна параметрів дифракційних решіток) може здійснюватися електронним променем, тонкоплівковим нагрівачем, що розташований між БІС та підкладкою, або інтенсивним ЛВ.

Найбільший практичний інтерес становлять два останні методи, так як на відміну від електронно-променевого методу вони дозволяють здійснювати нагрівання досить великої площі поверхні покриття.

Поріг руйнування лежить у межах $2 - 5 \text{ МВт/см}^2$. Мінімальний час включення системи обмежений променевою стійкістю плівок та становить від 10 мс до $1 - 5 \text{ мс}$. Час вимкнення визначається швидкістю відведення тепла з БІС у підкладку за рахунок теплопровідності та для металевих підкладок може становити $10 - 50 \text{ мс}$.

Так як керування відбувається за рахунок теплового механізму та інтенсивність джерела тепла лежить у діапазоні $0,1 - 1 \text{ МВт/см}^2$, то застосування таких БІС для керування дифракцією оптичного випромінювання обмежується імпульсним та імпульсно-періодичним режимами. Також необхідно забезпечити додаткове охолодження.

Отже, використання у відбивних покриттях БІС з плівками дозволяє реалізувати селективальні та перемикальні функції покриттів для інфрачервоного

діапазону.

Висновки

Таким чином, проведений аналіз можливостей використання методів керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях ОВТ дозволяє зробити наступні висновки.

1. Перспективність розробки відбивних дифракційних покриттів з керованими параметрами обумовлена застосуванням відбивних покриттів для захисту ОВТ від боєприпасів із напівактивними ЛСН.

2. Керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях ОВТ

можливе на основі використання акустооптичного, електрооптичного та термооптичного ефектів.

3. Реалізація керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях дозволяє здійснювати виведення з робочого стану системи керування боєприпасів із напівактивними ЛСН внаслідок коливання точки наведення.

4. Подальші дослідження доцільно присвятити технічній реалізації методів щодо керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях, а також розробці методик щодо оцінювання покращення захисту ОВТ із відбивними покриттями для визначення потенційної ефективності для потреб ЗС України.

Список літератури

1. Active and Semiactive Radar Missile Guidance. URL: <http://www.ausairpower.net/TE-Radar-AAMs.html>.
2. Система наведення ракети. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Система_наведення_ракети.
3. Бомба з лазерним наведенням. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Бомба_з_лазерним_наведенням.
4. Кравчук І. С., Архипов М. І., Туренко С. М., Штарнов В. І. Захист повітряних об'єктів від ракет з інфрачервоним самонаведенням. Київ: Видавничий дім "Інтернаука", 2020. 296 с.
5. Леоненко С. Воюючі двойники. *Армейський збірник*. 1996. № 2. URL: <http://armor.kiev.ua/ptur/mask/false.html>.
6. Спосіб індивідуального захисту зразків бронетанкової техніки від ракет, оснащених напівактивними лазерними системами наведення: пат. 49824 Україна: МПК G02B27/42. № 200912380; заяв. 30.11.2009; опубл. 11.05.2010; Бюл. № 9. 4 с.
7. Мустель Е. Р., Парыгин В. П. Методы модуляции и сканирования света. м.: Наука, 1975. 296 с.
8. Ребрин Ю. К. Управление оптическим лучом в пространстве. м.: советское радио, 1977. 336 с.
9. Бондаренко В. С., Зоренко В. П., Чкалова В. В. Акустооптические модуляторы света. м.: Радио и связь, 1988. 136 с.
10. Катунін А. Н. Управление дифракцией оптического излучения на отражательных элементах (покрытиях). *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2008. 2/3(32). С. 51–53.
11. Петров М. П., Шамрай А. В., Петров В. М. Электрически управляемая дифракция света на отражательных голограммах в кристалле LiNbO₃. *Физика твердого тела*. 1998. Т.40. № 6. С. 1038–1041.
12. Катунін А. М., Коломійцев О. В. Напрями удосконалення оптико-електронних систем моніторингу надзвичайних ситуацій. *Всеукраїнська науково-практична конференція (онлайн). "Проблеми якості оборонної продукції: організаційні, технічні та фінансово-економічні аспекти"*. Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, 30 червня 2022. С. 37–38.
13. Катунін А. М., Коломійцев О. В. Пропозиції щодо побудови покриттів для протидії напівактивним системам наведення. *Науково-практична конференція. Застосування Сухопутних військ Збройних Сил України у конфліктах сучасності (за досвідом забезпечення національної безпеки складовими сектору безпеки і оборони у російсько-українській війні в 2022 році)*. Львів: НАСВ, 17 листопада 2022. С. 23.
14. Катунін А. М., Коломійцев О. В. Пропозиції щодо використання термооптичного методу керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях автобронетанкової техніки. *Міжвузівська науково-практична конференція. Актуальні питання розвитку та удосконалення логістичного забезпечення в Національній гвардії України*. Вінниця: НАНГУ, 17 листопада 2022. С. 17–18.
15. Катунін А. М., Коломійцев О. В. Пропозиції щодо використання акустооптичного методу керування дифракцією оптичного випромінювання на відбивних покриттях для захисту озброєння та військової техніки. *І Всеукраїнська науково-технічна інтернет-конференція. Актуальні проблеми бойового застосування та експлуатації і ремонту зразків озброєння та військової техніки*. Вінниця: РВВ ВНТУ, 17 – 18 листопада 2022. С. 57–59.
16. Спосіб індивідуального захисту зразків бронетанкової техніки від ракет, оснащених напівактивними лазерними системами наведення: пат. 147508 Україна: МПК G08B25/00, G02B27/44. № 202100027; заяв. 04.01.2021; опубл. 12.05.2021; Бюл. № 19. 4 с.

Надійшла до редколегії 03.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Катунін Альберт Миколайович
кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
доцент кафедри
Національного університету
цивільного захисту України,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2171-4558>

Information about the authors:

Albert Katunin
PhD in Engineering
Senior Researcher
Associate Professor of Department
of National University
of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2171-4558>

Коломійцев Олексій Володимирович

доктор технічних наук професор
Заслужений винахідник України
професор кафедри
Національного технічного університету
“Харківського політехнічного інституту”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8228-8404>

Пустоваров Володимир Володимирович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3944-5771>

Олійник Руслан Михайлович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3969-544X>

Oleksii Kolomiitsev

Doctor of Engineering Science Professor
Honored Inventor of Ukraine
Professor of Department
of National Technical University
is the “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8228-8404>

Volodymyr Pustovarov

PhD in Engineering
Senior Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3944-5771>

Ruslan Oliinyk

Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3969-544X>

POSSIBILITIES OF USING OPTICAL RADIATION DIFFRACTION MANAGEMENT METHODS ON REFLECTIVE COATINGS OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT FOR ITS PROTECTION AGAINST AMMUNITION WITH SEMI-ACTIVE LASER GUIDANCE SYSTEMS

A. Katunin, O. Kolomiitsev, V. Pustovarov, R. Oliinyk

The article substantiates the need to improve the existent methods of combat defense and combat equipment (DAM) against bombs (guided combat munitions from UAVs, stray combat munitions, etc.) with semi-active laser targeting systems (LSA) on the basis of controlled reflective coatings. Methods of management the diffraction of optical radiation on reflecting coatings are based on applications in coating materials. At the same time, the reflecting properties can be purposefully changed by applying acousto-optical, electro-optical and thermooptical effects. The acousto-optic method of diffraction control involves the spatial modulation of the beating coefficient in the medium, which is carried out by ultrasonic (acoustic) waves. During the distribution of ultrasound in the reflective coverage (areas of compression and discharge of the material of the waves distribution) appears in the reflective coverage. A purposeful change of descriptions of the acoustic wave leads to the possibility of forming the reflecting phase grating with a given parameter on which it will diffract a radiation. The electro-optical method of management the diffraction of laser radiation is based on the phenomenon of induced anisotropy of media under the influence of a field (electro-optical effect). However, the creation of reflective diffractive elements (coatings) using the electro-optical effect is limited by a number of disadvantages of this method. The thermo-optical method of management light diffraction consists in changing the optical constants of reflective coatings under the influence of temperature. On the basis of the multilayer interference systems (MLIS) with tapes, peak and phase diffraction gratings can be implemented. The use of MLIS coatings with ribbons in the display allows you to implement the functions of selecting and unlocking coatings in the infrared range. The last two methods are of the greatest practical interest since, unlike, the electron-beam method they allow heating a fairly large surface area of the coating. The implementation of diffraction control of optical radiation on the reflective coatings of DAM samples will allow to remove the ammunition control system with semi-active LSA from the working state as a result of the aiming point fluctuation.

Keywords: armament and military equipment, guided bomb, ammunition, laser system of aiming, diffraction, reflecting coverage.

М.І. Крюков

*Департамент інформаційно-організаційної роботи та контролю
Міністерства оборони України, Київ*

ДЕЯКІ ПИТАННЯ СУПРОВОДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ АКТИВ ЗАКОНОДАВСТВА, ЯКІ РОЗРОБЛЕНІ ОРГАНАМИ ВИКОНАВЧОЇ ВЛАДИ ТА НАДІСЛАНІ НА ПОГОДЖЕННЯ ДО МІНІСТЕРСТВА ОБОРОНИ УКРАЇНИ

У статті розглянуто процедурні питання на різних етапах взаємодії представника Міноборони, як заінтересованого органу, з фахівцями органу виконавчої влади, як розробника, під час підготовки та внесення на розгляд Уряду проєктів актів законодавства.

Ключові слова: проєкт акта законодавства, взаємодія, погодження, супроводження.

Вступ

Постановка проблеми. Запорукою обороноздатності держави та успішного проведення військових операцій є наявність у сектора безпеки та оборони сучасного озброєння і військової техніки. Через збройну агресію проти нашої держави в умовах зростання обсягів завдань із переоснащення складових сектору безпеки і оборони сучасним і модернізованим озброєнням та військовою технікою існує потреба нормативного врегулювання питань діяльності, в тому числі у сфері їх розроблення та виробництва.

Так, під час організації роботи щодо реалізації державної політики, зокрема з розвитку оборонно-промислового комплексу, Кабінет Міністрів України (далі – КМУ) забезпечує скоординованість своїх дій, а питання, що належать до компетенції декількох органів виконавчої влади, спільно опрацьовуються. Виходячи з цього, документи, які подаватимуться на розгляд КМУ і потребують нормативно-правового врегулювання актами законодавства, підлягають проведенню узгоджувальних процедур.

Водночас, результати вивчення даних стосовно надіслання на погодження до Міністерства оборони України проєктів актів законодавства свідчать, що протягом 2022 року їх чисельність тільки за напрямом військово-технічної політики становила декілька десятків проєктів, що викликало певну заінтересованість оборонного відомства. Тематика таких проєктів актів, як правило, була присвячена питанням: формування і реалізація військово-промислової політики; державної політики у сфері оборонного замовлення та оборонно-промислового комплексу. При цьому, учасниками узгоджувального процесу з боку оборонного відомства виступали структурні підрозділи Міністерства оборони України, органи військового управління Збройних Сил України, військові навчальні заклади та науково-дослідні установи.

Виходячи із зазначеного, для якісного та своєчасного опрацювання проєктів актів законодавства щодо формування і ефективної реалізації військово-промислової політики держави з врахуванням, у тому числі, особливостей дії правового режиму воєнного стану, виникає необхідність в зосередженні уваги на питаннях взаємодії органів виконавчої влади під час підготовки та внесення на Уряд таких проєктів актів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативно-правовими актами [4–6] встановлено загальний порядок підготовки та прийняття рішень Урядом, зокрема процедурні питання, що потребують нормативно-правового врегулювання актами законодавства.

Керівними документами [8; 11] передбачено лише документальне оформлення погоджувальних матеріалів щодо проєкту акта законодавства.

Окремі аспекти взаємодії розкрито в праці [12], але тільки в частині супроводження розробником проєкту акта законодавства під час його опрацювання в Секретаріаті КМУ.

Проведений аналіз зазначених документів показує, що на сьогодні ці питання висвітлені недостатньо і відсутній цілісний опис процедур погодження проєктів актів законодавства та немає схематичного відображення елементів взаємодії заінтересованого органу з розробником проєкту акта законодавства.

Мета статті – розроблення варіанту функціональної схеми взаємодії заінтересованого органу з розробником проєкту акта законодавства з метою вдосконалення знань і вмінь посадових осіб в ході моніторингу узгоджувальних процедур для покращення якості опрацювання документальних матеріалів з цих питань.

Виклад основного матеріалу

Для ефективного правового регулювання

питань реалізації державної політики у відповідних сферах, компетентний орган виконавчої влади розробляє проект акта законодавства (далі – проект акта), який встановлюватиме, змінюватиме або скасовуватиме норми права.

Розробниками проектів актів, які вносять його на розгляд до Кабінету Міністрів, є міністерства, інші центральні органи виконавчої влади, державні колегіальні органи, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київська та Севастопольська міські держадміністрації відповідно до своєї компетенції.

Інші органи виконавчої влади, що відповідно до компетенції беруть участь у його погодженні, є заінтересованими органами, та з якими проект акта підлягає обов'язковому погодженню.

Тому провідне місце під час формування позиції заінтересованого органу є правильне визначення характерних ознак і елементів матеріалів проекту акта законодавства, що надіслані на погодження та з'ясування питань по його суті, а саме: концепція запропонованих змін у нормах акта; аргументи, якими користувався розробник проекту акта при його розробці; критерії, які були покладені в основу проекту акта; очікувані соціально-економічні, правові та інші наслідки прийняття акта; важливість проекту акта для розвитку тих чи інших суспільних відносин.

Під час супроводження проекту акта, надісланого розробником на погодження, заінтересованим органом здійснюється моніторинг результатів врахування його позиції щодо такого проекту. А з метою якісної координації дій між представником розробника проекту акта та фахівцем заінтересованого органу налагоджується відповідна взаємодія.

Розглянемо, в залежності від стадії підготовки проекту акта, порядок здійснення процедурних питань взаємодії між розробником і заінтересованим органом згідно з опрацьованою функціональною схемою, яка представлена на рис. 1.

Так, до Міністерства оборони України (далі – Міноборони) для погодження надсилається (*процедура 1*) проект акта, який стосується компетенції оборонного відомства та/або впливає на інтереси Збройних Сил України (далі – Збройні Сили). Завізований керівником органу, який є розробником, проект акта надсилається разом з пояснювальною запискою, а також порівняльною таблицею (якщо проектом акта передбачено внесення змін до актів). В пояснювальній записці зазначається, зокрема, прогноз результатів, у разі коли реалізація акта матиме вплив на інтереси заінтересованого органу.

Строк погодження проекту акта заінтересованими органами розробник визначає з

урахуванням складності та обсягу проекту, характеру його терміновості та пріоритетності. У разі коли заінтересований орган в установленний строк не висловив свою позицію щодо проекту акта, проект вважається погодженим без зауважень (погодження за вмовчанням).

Характерною особливістю є те, що у строк, встановлений розробником відповідно до регламентних вимог, заінтересований орган зобов'язаний взяти участь в опрацюванні проекту акта та матеріалів до нього у частині, що стосується його компетенції. Для оперативного обміну інформацією під час опрацювання та погодження проекту акта розробник та заінтересований орган використовують сучасні засоби телекомунікації.

З надходженням матеріалів для погодження, відповідальний виконавець структурного підрозділу Міноборони (Збройних Сил): проводить аналіз змісту, характеристик, прогнозованих результатів, впливу на інтереси Міноборони та Збройних Сил проекту акта; організовує підготовку та подання на підпис керівництву оборонного відомства письмової позиції Міноборони щодо проекту акта.

Свою позицію щодо проекту акта Міністр оборони України доводить (*процедура 2*) до відома розробника шляхом надсилання листа за своїм підписом, у якому зазначається інформація про погодження проекту акта без зауважень чи із зауваженнями або про те, що проект акта не підтримано. В матеріалах погодження виконавець зобов'язаний чітко обґрунтувати позицію Міноборони щодо проекту акта, а в разі потреби внести розробнику відповідні пропозиції. При цьому, зауваженнями вважається констатація факту щодо невідповідності встановленим вимогам, яка підтверджена об'єктивним доказом, а пропозиціями вважаються звернення уваги на необхідність вдосконалення процесу (структури) або/та рекомендації конкретних шляхів (способів) вирішення завдань.

Основним критерієм, яким повинні керуватися виконавці є те, що зауваження (пропозиції) надаються (*процедура 3*) виключно з тих питань, що належать до компетенції Міноборони та стосуються суті проекту акта, зокрема виявлених обставин (ризиків та обмежень), які у разі прийняття акта створюватимуть значні перешкоди щодо реалізації державної політики у сферах, віднесених до компетенції оборонного відомства, а також прогнозів впливів реалізації акта.

У змістовній частині погоджувального листа Міноборони відображаються (за наявності) зауваження і пропозиції щодо приведення положень проекту акта у відповідність із законодавством по суті питання із зазначенням конкретних невідповідностей, статей, пунктів тощо або

наданням відповідного варіанту редакції тексту, до якого є зауваження. Зауваження до проекту акта не можуть стосуватися нормпроектувальної техніки редакційних уточнень тексту проекту акта.

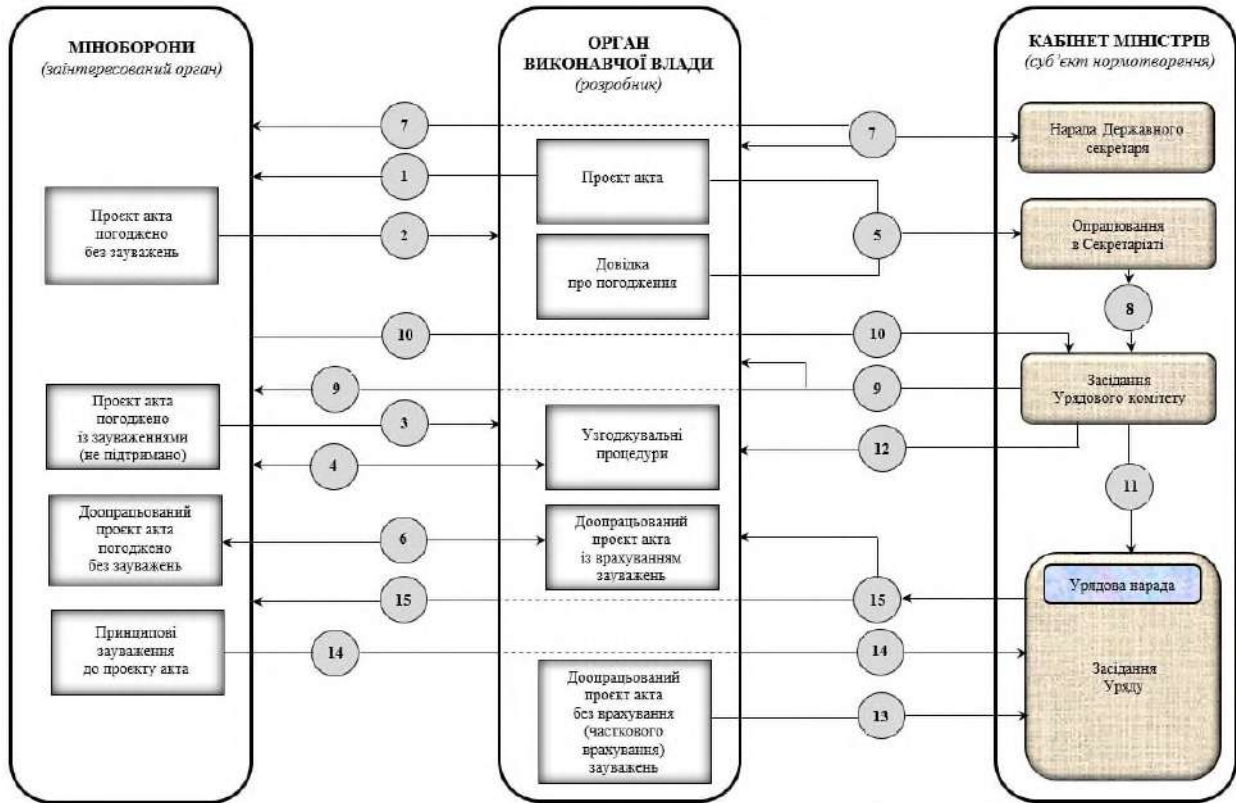


Рис.1. Функціональна схема взаємодії

Визначальне місце в погоджувальному процесі займає таке положення, що під час опрацювання проекту акта повинні бути вжиті вичерпні заходи для врегулювання розбіжностей. За наявності в позиціях розробника і Міноборони щодо проекту акта розбіжностей, які не можуть бути врегульовані на рівні фахівців, розробник зобов'язаний провести (процедура 4) узгоджувальні процедури з представником Міноборони (консультації, наради, робочі зустрічі тощо).

За результатами проведення зазначених заходів розробник складає протокол узгодження позицій, в якому зазначаються: неврегульовані розбіжності (суть зауваження, положення спірної частини проекту акта, аргументи розробника щодо відхилення зауважень); враховані зауваження (суть зауваження, положення спірної частини проекту акта, спосіб врахування); заходи, вжиті для врегулювання розбіжностей (стисло повідомляється про вжиті розробником заходи, спрямовані на пошук взаємоприйняттого рішення та врегулювання спірних позицій, зазначається, чи проводилися переговори, консультації, робочі зустрічі, наради тощо, а також зазначається інформація про керівників органів виконавчої влади, які взяли в них участь).

У підсумку, результати опрацювання позиції Міноборони відображаються (процедура 5)

розробником у довідці про погодження проекту акта, а саме: проект акта погоджено без зауважень; до проекту акта висловлено зауваження (пропозиції), які враховано; до проекту акта висловлено зауваження (пропозиції), які враховано частково; до проекту акта висловлено зауваження (пропозиції), які не враховано; заінтересований орган вважати таким, що погодив проект акта без зауважень відповідно до § 39 (за вмовчанням); проект акта не підтримано. Також, до довідки додається протокол узгодження позицій (у разі потреби).

Якщо в результаті врахування розробником зауважень заінтересованих органів проект акта або окремі його положення, погоджені іншими заінтересованими органами, зазнали змін, що суттєво змінюють проект акта законодавства, проект у відповідній частині підлягає повторному погодженню (процедура 6) такими органами.

Слід звернути увагу, що зміна Міністра оборони України та/або керівника органу, який є розробником проекту акта (крім випадків складення повноважень або відставки Кабінету Міністрів), не потребує повторного погодження проекту акта, а новопризначений керівник оборонного відомства на засіданні Кабінету Міністрів має право висловити свою позицію щодо цього проекту акта.

Варто зазначити, що для координації роботи з

підготовки проєктів актів Державний секретар Кабінету Міністрів проводить наради за участю державних секретарів міністерств, де заслуховується інформація про неврегульовані розбіжності у позиціях розробників та заінтересованих органів та виробляються пропозиції (*процедура 7*) щодо підвищення якості проєкту акта.

Також важливим фактором є те, що в Секретаріаті Кабінету Міністрів під час опрацювання проєкту акта (проведення експертизи) перевіряється, зокрема, повнота врахування зауважень заінтересованих органів, за результатами якої оформляється висновок (*процедура 8*).

Опрацьований у Секретаріаті Кабінету Міністрів проєкт акта разом з матеріалами, поданими розробником, та експертним висновком включається до порядку денного засідання відповідного урядового комітету. Урядовий комітет є робочим колегіальним органом Кабінету Міністрів, який утворюється для координації дій органів виконавчої влади, у тому числі, шляхом вироблення узгодженої позиції щодо проєктів актів.

При цьому, порядок денний засідання урядового комітету та матеріали до нього Секретаріат Кабінету Міністрів надсилає (*процедура 9*), у тому числі, й до Міноборони, а на засідання урядового комітету запрошується керівництво оборонного відомства.

Урядовий комітет на своєму засіданні врегульовує розбіжності щодо суті проєкту акта, стосовно якого Міноборони висловлено зауваження, зокрема стосовно обставин (ризиків та обмежень), які створюють значні перешкоди щодо реалізації державної політики у сферах, віднесених до компетенції оборонного відомства (питання національної політики у воєнній сфері, сфера оборони і військового будівництва у мирний час та особливий період).

Якщо за результатами проведеної Секретаріатом Кабінету Міністрів експертизи проєкту акта є застереження щодо необхідності проведення додаткового погодження з оборонним відомством, на засіданні урядового комітету заслуховується (*процедура 10*) позиція Міноборони. Якщо за результатами розгляду проєкту акта на засіданні Урядового комітету розбіжності щодо нього врегульовано та підтримано позицію розробника, такий проєкт подається (*процедура 11*) для розгляду на засіданні Кабінету Міністрів. Якщо за результатами розгляду проєкту акта на засіданні Урядового комітету розбіжності щодо нього врегульовано та розробник погодився з висловленими зауваженнями Міноборони, такий проєкт повертається розробнику для доопрацювання (*процедура 12*). Якщо за результатами розгляду проєкту акта на засіданні Урядового комітету

розбіжності в позиціях розробника та Міноборони не врегульовано, такий проєкт подається для розгляду на засіданні Кабінету Міністрів у редакції розробника для прийняття остаточного рішення (*процедура 13*).

Також, за рішенням Прем'єр-міністра України питання врегулювання розбіжностей щодо проєктів актів може бути розглянуто на нараді під головуванням Прем'єр-міністра України (Урядовій нараді).

За існуючими регламентними положеннями, розглянутий на засіданні Урядового комітету проєкт акта включається до порядку денного чергового засідання Кабінету Міністрів. Однак, у свою чергу, за рішенням Прем'єр-міністра України до порядку денного засідання Кабінету Міністрів може бути включено проєкт акта без попереднього розгляду Урядовим комітетом.

Проєкт порядку денного засідання Кабінету Міністрів, а також включені до нього проєкти актів розміщуються на офіційному веб-сайті Уряду. При цьому, проєкти актів, щодо яких залишилися неврегульовані розбіжності, розміщуються разом з інформацією про позицію заінтересованих органів, зауваження яких не враховано, із зазначенням мотивів. До проєкту акта, крім основних матеріалів, додається також довідка про розбіжності щодо проєкту акта, якщо їх не врегульовано після розгляду Урядовим комітетом.

Якщо на засідання Уряду у керівництва Міноборони за результатами вивчення поданих для розгляду матеріалів виникли принципові зауваження до проєкту акта, пропозиції щодо внесення поправок подаються (*процедура 14*) у письмовій формі учасникам засідання під час його обговорення. Потрібно зазначити, якщо пропозиції стосовно необхідності уточнення окремих положень проєкту акта, у визначений строк не подано до Секретаріату Кабінету Міністрів, проєкт акта у редакції, що розглядалася на засіданні Кабінету Міністрів, подається Прем'єр-міністрові України для підписання.

У деяких випадках акт законодавства може бути прийнятий з доопрацюванням, якщо до нього висловлені зауваження, врахування яких не призведе до суттєвих змін основних положень проєкту акта. Доопрацьований розробником проєкт акта у визначений строк подається на підпис Прем'єр-міністрові України після його оформлення Секретаріатом Кабінету Міністрів.

Отже, за результатами засідання Кабінету Міністрів складається протокол, в якому, зокрема, зазначаються питання, що розглядалися, та рішення, прийняті за результатами розгляду та надсилається (*процедура 15*) до органів виконавчої влади.

Поряд з процедурними питаннями особливу

увагу виконавцям слід звернути на питання, що стосується опрацювання погоджувальних документів.

Так, з метою належного документального забезпечення участі керівництва оборонного відомства в засіданнях Кабінету Міністрів (Урядового комітету) структурні підрозділи Міноборони (Збройних Сил) стосовно проєктів актів, які надіслані на погодження:

– опрацьовують відповідну довідку із зазначенням інформації щодо проєкту акта (назва, розробник, проблема, суть, очікуваний вплив) та результати його погодження (без зауважень/із зауваженнями/не підтримано);

– складають доопрацьовану довідку до проєкту акта за результатами врахування (часткового врахування/не врахування) зауважень (пропозицій) Міноборони;

– готують (у разі необхідності) тези виступу стосовно проєкту акта, до якого були висловлені зауваження (пропозиції) та не враховані розробником і зазначається позиція щодо обов'язкового залучення Міноборони до його подальшої підготовки (Міноборони наполягає на

врахуванні зауважень/пропозицій) або аргументації щодо недоцільності у розробці проєкта акта.

Цілком очевидно, що своєчасність і якість підготовки інформаційних документів стосовно погодження проєкту акта також забезпечать повноцінне врахування позиції Міноборони під час внесення проєкту акта на розгляд Уряду.

Висновки

Запропонований варіант функціональної схеми взаємодії має практичну значимість і стане у нагоді в структурних підрозділах Міністерства оборони України (Збройних Сил України) під час проведення узгоджувальних процедур і забезпечення ефективного супроводження проєктів актів законодавства, які розроблені органами виконавчої влади та надіслані на погодження до Міноборони.

Викладені в статті з відповідним ступенем уніфікації методичний матеріал може бути рекомендований особовому складу структурних підрозділів Міністерства оборони України (Збройних Сил України) для використання у службовій діяльності.

Список літератури

1. Про Регламент Верховної Ради України: Закон України від 10 лютого 2022 р. № 1861-VI (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/1861-17>.
2. Про Кабінет Міністрів України: Закон України від 27 лютого 2022 р. № 794-VII (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/794-18>.
3. Про затвердження Положення про порядок роботи з законопроектами та іншими документами, що вносяться на розгляд Верховної Ради України: Указ Президента України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/270/95>.
4. Про затвердження Регламенту Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України від 18 липня 2007 р. № 950 (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/950-2007#Text>.
5. Про затвердження Правил підготовки проєктів актів Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України від 6 вересня 2005 р. № 870 (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/870-2007-#Text>.
6. Про затвердження Положення про Секретаріат Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України від 12 серпня 2009 р. № 850 (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-2009-#Text>.
7. Про затвердження Положення про Міністерство оборони України: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 листопада 2014 р. № 671 (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/671-2014- #Text>.
8. Про затвердження Інструкції з діловодства та документування управлінської інформації в електронній формі в Міністерстві оборони України та Генеральному штабі Збройних Сил України: Наказ Міністерства оборони України від 26 липня 2018 р. № 370 (із змінами). URL: https://zakon.rada.gov.ua/content/mou_order/122-20198.
9. Загальна теорія держави і права: підручник / за ред. М. В. Цвіка, О. В. Петришина. Харків: Право, 2011. 584 с.
10. Лінецький С. В., Крижанівський В. П. Законотворчість: Коментар до Регламенту Верховної Ради України. Частина 1. К.: "К.І.С.", 2008. 400 с.
11. Методичні рекомендації щодо планування підготовки проєктів законодавчих та інших нормативно-правових актів у структурних підрозділах апарату Міністерства оборони України, Генерального штабу Збройних Сил України та інших органах військового управління. 2016. С. 88.
12. Крюков М. І., Тична Б. М., Федчук Т. Ю. Обґрунтування варіанту функціональної схеми взаємодії розробників проєктів нормативно-правових актів в ході правового забезпечення діяльності Міністерства оборони України. *Повітряна міць України*: науково-практичний журнал Національного університету оборони України імені Івана Черняховського. Київ: НУОУ, 2022. Вип. 1(2). С. 21–26.

Надійшла до редколегії 30.01.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про автора:

Крюков Михайло Іванович
головний спеціаліст відділу взаємодії
з Верховною Радою України
та Кабінетом Міністрів України
Департаменту інформаційно-
організаційної роботи та контролю
Міністерства оборони України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6778-2057>

Information about the author:

Mykhailo Kriukov
Chief specialist for relation
with the Verkhovna Rada of Ukraine
and Cabinet of Ministers of Ukraine
of the Department of Information
and Organizational Work and Control
of the Ministry of the defense of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6778-2057>

**SOME ISSUES OF ADMINISTRATION OF DRAFT LEGISLATIVE ACTS DEVELOPED
BY BODIES OF THE EXECUTIVE AUTHORITY AND SENT FOR APPROVAL
TO THE MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE**

M. Kriukov

The article examines procedural issues at various stages of the interaction of the representative of the Ministry of Defense, as an interested legislature, with specialists of the executive authority, as a developer, during the preparation and submission of draft legislative acts to the Government.

The purpose of the article is to develop a variant of the functional scheme of interaction of the interested legislature body with the drafter of the legislative act in order to improve the knowledge and skills of officials during the monitoring of conciliation procedures to improve the quality of processing of documentary materials on these issues.

The proposed version of the functional scheme of interaction has practical significance and will be useful in the structural divisions of the Ministry of Defense of Ukraine (Armed Forces of Ukraine) during coordination procedures and ensuring effective support of the projects of draft legislative acts developed by the executive authorities and sent to the Ministry of Defense for approval.

The methodical material presented in the article with the appropriate degree of unification can be recommended to the personnel of the structural divisions of the Ministry of Defense of Ukraine (Armed Forces of Ukraine) for use in official activities.

Keywords: draft legislation, interaction, approval, support.

І.М. Лаппо¹, Є.М. Бірюков¹, О.В. Журахов¹, Ю.М. Добришкін²

¹Центр протимінної діяльності Державної спеціальної служби транспорту, Чернігів

²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

ЦЕНТР ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: ОСНОВНІ АСПЕКТИ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

В статті розглядаються основні аспекти організації протимінної діяльності в Україні в умовах правового режиму воєнного стану. Актуальним питанням є проведення заходів пов'язаних з пошуком, виявленням та знешкодженням вибухонебезпечних предметів на імовірно забрудненій та забрудненій території України, акваторії та об'єктів інфраструктури. На даний час для планування, практичної реалізації та координації здійснення заходів протимінної діяльності визначено на законодавчому рівні Центр протимінної діяльності. Метою статті є дослідження діяльності та визначення перспективних шляхів розвитку Центру протимінної діяльності в умовах правового режиму воєнного стану.

Ключові слова: вибухонебезпечні предмети, протимінна діяльність, розмінування, сертифікація, центр протимінної діяльності.

Вступ

Постановка проблеми. Україна входить до десятки країн із найбільш забрудненою вибухонебезпечними предметами (ВНП) територією, і такий стан має тенденцію погіршення зважаючи на масштаби військових дій і застосування так званої тактики “мінної війни”.

Тому створення ефективної системи протимінної діяльності (ПМД) з урахуванням потреб безпечного зачищення території України від ВНП є пріоритетною задачею на національному рівні. Згідно з Законом України [1] протимінна діяльність – комплекс заходів, спрямованих на захист національних інтересів України, а також на зменшення та усунення наслідків негативного впливу вибухонебезпечних предметів на соціально-економічні умови життєдіяльності населення та довкілля.

Підґрунтям будь-якої діяльності є нормативно-правова основа. Правовою основою ПМД в Україні згідно з [1] є: Конституція України; положення міжнародних договорів, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України; Закон України “Про протимінну діяльність в Україні” та інші закони України; постанови Верховної Ради України; укази Президента України; акти Кабінету Міністрів України; а також інші нормативно-правові акти, що приймаються на виконання законів України; накази Міністерства оборони України; розпорядження та директиви профільних служб.

Нормативною основою в сфері ПМД є національні стандарти, що розробляються з урахуванням положень міжнародних стандартів ПМД та чинного законодавства і є обов'язковими в ході виконання заходів з ПМД; військові стандарти

Міністерства оборони та інші нормативні документи [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз фахової літератури показав, що питання створення дієвої системи протимінної діяльності, удосконалення нормативно-правової бази ПМД із врахуванням міжнародного досвіду, проблеми та шляхи вирішення гуманітарного розмінування, вплив ВНП на навколишнє середовище знаходяться в центрі уваги наукової спільноти [2–4]. У наукових публікаціях проводиться аналіз факторів, які впливають на розмінування місцевості [5], обґрунтовуються методики оцінювання ефективності виконання заходів протимінної діяльності [6] тощо.

Слід зазначити, що питання розбудови та удосконалення системи ПМД набуло ще більшої актуальності та потребує подальшого розвитку зважаючи на принципи міжнародного гуманітарного права та заходи мінімізації небезпеки, зумовленої ВНП.

Виклад основного матеріалу

З метою очищення від ВНП звільнених територій Міністерством оборони України спільно з профільними міністерствами складається щорічний План заходів з організації робіт гуманітарного розмінування звільнених територій. Основними заходами даного плану є проведення нетехнічного обстеження, технічного обстеження, операцій з розмінування, маркування небезпечних територій та проведення заходів з інформування населення про ризики пов'язані з мінами та вибухонебезпечними залишками війни (ВЗВ).

Для координації заходів протимінної діяльності Кабінетом Міністрів України утворений

Національний орган з питань протимінної діяльності, основним завданням якого є формування державної політики та координація в Україні всіх заходів ПМД, включаючи гуманітарне розмінування та міжнародне співробітництво у сфері ПМД [7].

Для створення відповідного потенціалу з розмінування Україна отримує фінансову та технічну підтримку міжнародних організацій: НАТО, ОБСЄ, ООН, ЄС, Женевського міжнародного центру гуманітарного розмінування, а також провідних країн світу (США, Канади, Великої Британії). В рамках даної допомоги Україна отримала наземні роботизовані системи розмінування, сучасні машини розмінування (зокрема, британська Armtac 400; словацька Vozena 5), засоби захисту сапера, комплекти розмінування, системи дистанційного підриву та ін.

До виконання заходів ПМД долучаються й міжнародні неурядові організації, а саме: Швейцарський фонд протимінної діяльності FSD, Данська рада у справах біженців, британська організація життєзабезпечення небезпечних територій The HALO Trust, які діють на підставі спільної угоди з Міністерством оборони України, а також національні неурядові оператори: товариство з обмеженою відповідальністю “ДЕМІНІНГ СОЛЮШНС”, “ГК груп”, громадська організація “Асоціація саперів України” тощо.

У рамках співпраці Державної спеціальної служби транспорту (ДССТ) та FSD було передано техніку й обладнання для груп інспектування якості розмінування, а саме: автомобілі Mitsubishi L200, металодетектори Ebinger 422 GC, Minelab F3, UPEX 740M LargeLoop, захисні жилети, захисні шоломи (Visor), персональні аптечки, робочі сумки сапера (обладнання для ручного розмінування), сумки парамедиків (обладнання для надання допомоги постраждалим від МВТ), рації та оргтехніку [7].

До виконання оперативних завдань обстеження, пошуку, виявлення та знищення ВМП залучаються наступні урядові підрозділи сил оборони та безпеки: групи розмінування Державної спеціальної служби транспорту, піротехнічні підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій, вибухотехнічні групи Національної поліції України, інженерно-саперні підрозділи Збройних Сил України та Національної гвардії України.

Відповідно до Закону України [1] на фондах ДССТ з метою планування, практичної організації та координації здійснення заходів протимінної діяльності у 2021 році у м. Чернігів було сформовано Центр протимінної діяльності (ЦПМД) Державної спеціальної служби транспорту Міністерства оборони України.

Метою статті є дослідження діяльності та

визначення перспективних шляхів розвитку Центру протимінної діяльності в умовах правового режиму воєнного стану.

З метою реалізації державної політики у сфері ПМД та якісного виконання поставлених завдань, зазначених в [1], була визначена штатна структура ЦПМД. На рис.1 наведено основні підрозділи центру із зазначенням завдань згідно повноважень.

З метою забезпечення функціонування системи управління якості (СУЯ) протимінної діяльності згідно Закону України [1] та Положення про ЦПМД у 2022 році пройшли первинну акредитацію в Національному агентстві з акредитації України Орган з сертифікації ЦПМД (відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2019) та Орган з інспектування ЦПМД (відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17020:2019). Дані Органи отримали атестати про акредитацію (рис.2) на компетентність щодо виконання робіт згідно заявленій сфері акредитації, а саме:

– нетехнічне обстеження – збирання, аналізування та оцінювання інформації відносно місцевості для визначення її як підозрюваного небезпечного району чи підтвердженої небезпечної території та процесів з вилучення, зменшення чи очищення районів для їх подальшого ефективного використання без використання технічних засобів [8];

– технічне обстеження – збирання, аналізування даних з використанням технічних засобів про наявність, тип, розподіл та оточення місць забруднення мінами/вибухонебезпечними залишками війни для кращого визначення наявності або відсутності забруднення мінами/вибухонебезпечними залишками війни і для підтримки визначення пріоритетності розблокування земель і процесів прийняття рішень [8];

– розмінування вручну – передбачає виявлення, знешкодження (знищення) всіх загроз, пов’язаних з мінами/вибухонебезпечними залишками війни, без використання засобів механізації та мінно-розшукових собак [8];

– очищення району ведення бойових дій – систематичне й контрольоване очищення небезпечних ділянок, про які достовірно відомо, що на них немає мін [8];

– інформування населення про ризики, пов’язані з мінами та вибухонебезпечними залишками війни – комплекс заходів з підвищення ступеня обізнаності мешканців небезпечних районів з порядком дій та безпечними формами поведінки, що спрямований на зменшення ризиків отримання травм та загибелі внаслідок підриву на мінах/вибухонебезпечних залишках війни (охоплюючи суббоєприпаси, що не вибухнули) [8].



Рис.1. Основні підрозділи Центру протимінної діяльності



Рис.2. Атестати акредитації

Під час проведення сертифікації операторів і процесів ПМД та інспектування розмінованих територій для визначення їх відповідності вимогам чинного законодавства України спеціалісти Органу з сертифікації та Органу з інспектування керуються положеннями наступних законодавчих та нормативних документів:

- Закон України про протимінну діяльність в Україні;
- Закон України про прийняття Протоколу про вибухонебезпечні предмети – наслідки війни [9];
- Закон України про акредитацію органів з оцінки відповідності [10];
- Закон України про технічні регламенти та оцінку відповідності [11];
- Постанова Кабінету Міністрів України про затвердження порядку ведення обліку операторів протимінної діяльності [12];
- Конвенція про заборону застосування, накопичення запасів, виробництва і передачі протипіхотних мін та про їхнє знищення [13];
- ДСТУ-П 8820:2018 Протимінна діяльність. Процеси управління. Основні положення;
- міжнародні стандарти протимінної діяльності IMAS 01.10-14.10, які були імплементовані в Україні в якості пробних ДСТУ-П IMAS методом підтвердження з набранням чинності з 01 вересня 2016 року.

Станом на січень 2023 р. Органами з сертифікації та інспектування було проведено процедуру сертифікації двох операторів протимінної діяльності:

- товариство з обмеженою відповідальністю “ДЕМІНІНГ СОЛЮШНС” на виконання наступних процесів ПМД: нетехнічне обстеження, очищення району ведення бойових дій, розмінування вручну, технічне обстеження;
- громадська організація “Асоціація саперів України” на проведення інформування населення про ризики, пов’язані з мінами та ВЗВ.

На даний час процедуру сертифікації проходять два кандидати в оператори ПМД.

Слід зазначити, що кількість бажаючих отримати сертифікат оператора ПМД зростає, ресурсів державних організацій вже не вистачає, а сертифікати Міністерства оборони мають лише п’ять українських і міжнародних компаній, причому в трьох з них термін дії сертифікатів вже закінчився у 2022 році.

З метою впровадження єдиної системи підготовки та підвищення кваліфікації кадрів, що залучаються до розмінування, та реалізації засад міжнародного співробітництва у сфері ПМД спеціалісти основних підрозділів ЦПМД постійно проходять курси підвищення кваліфікації та

навчання із отриманням сертифікатів від міжнародних організацій та установ по розмінуванню.

Так, у жовтні 2022 року у навчальному центрі “MAT Kosovo EOD & ERW Training Establishment”, Республіка Косово, спеціалісти відділу інспектування якості розмінування ЦПМД пройшли спеціалізований навчальний курс по знешкодженню вибухонебезпечних предметів “IMAS EOD рівня 3”.

Під егідою Женевського міжнародного центру з гуманітарного розмінування Geneva International Centre for Humanitarian Demining-GICHD у листопаді 2022 р. спеціалісти ЦПМД пройшли курс навчання “NON-TECHNICAL SURVEY COURSE UKRAINE” по обміну досвідом та передовою міжнародною практикою проведення нетехнічного обстеження.

Також спеціалісти основних підрозділів ЦПМД протягом 2022 року успішно пройшли навчання на наступних курсах:

- EORE по впровадженню програм і проєктів з навчання населення ризикам, пов’язаним із вибухонебезпечними предметами та залишками війни (м. Шпіц, Швейцарія);
- Non-technical Survey, організованому GICHD Global, по впровадженню сучасних методів, техніки та технології нетехнічного обстеження (м. Штанс, Швейцарія);
- “Розвиток ефективного освітнього процесу із навчання ризикам, пов’язаним з вибуховими боєприпасами”, організований UNICEF та GICHD;
- навчання ризикам, пов’язаним з вибухонебезпечними боєприпасами, підготовка фахівців з нетехнічного обстеження, саперів-парамедиків, саперів гуманітарного розмінування, які проводила асоціація The HALO Trust в Україні відповідно до міжнародних стандартів ПМД.

Швейцарський фонд з протимінної діяльності в Україні FSD тісно співпрацює з ЦПМД у рамках підвищення кваліфікації спеціалістів основних підрозділів за напрямком навчання ризикам відповідно до міжнародних стандартів ПМД, а також по навчанню населення з попередження ризиків від вибухонебезпечних предметів.

Персонал відділу навчання ризикам та взаємодії з громадськістю з питань ПМД успішно засвоїли курс “Training for Trainers” щодо ризиків від мін та ВНП в рамках проєкту Асоціації саперів України “Розвиток потенціалу EORE в Україні” та в липні 2022 року провели серію навчань дітей початкової школи стосовно попередження ризиків від ВНП.

У рамках виконання завдання інформування населення про ризики, пов’язані із ВНП, та правильні дії при виявленні ВНП особовим складом

відділу навчання ризикам та взаємодії з громадськістю з питань ПМД, періодично проводяться навчання з попередження ризикам від ВВП в прикордонних громадах Чернігівської області, підприємствах міста. Проведення подібних інформаційно-просвітницьких заходів сприяє підвищенню рівня безпеки населення, та зменшує ризики негативних наслідків від мін/ВЗВ.

У червні 2022 р. Орган з інспектування та Орган з сертифікації ЦПМД спільно з ТОВ “ДЕМІНІНГ СОЛЮШНС” провів пробну сертифікацію процесів протимінної діяльності та пробне інспектування якості розмішованої території (рис.3) [7].



Рис.3. Пробне інспектування якості розмінування

З метою забезпечення наукової та науково-технічної діяльності у сфері ПМД і відповідно до вимог Закону України [1] у центрі протимінної діяльності створено науково-дослідну лабораторію (НДЛ), основними завданнями якої є наступні:

- здійснення наукового (науково-технічного) забезпечення ПМД у межах повноважень та функцій ЦПМД;

- проведення наукових досліджень, отримання науково-технічних (прикладних) результатів у сфері ПМД, зокрема у формі проектів нормативно-правових актів, стандартів, нормативних або науково-методичних документів;

- оприлюднення результатів наукових досліджень (крім випадків, які пов’язані з дотриманням умов конфіденційності або інших встановлених законодавством випадків обмеження доступу до відповідної інформації) на конференціях, семінарах та у наукових виданнях, впровадження результатів наукових досліджень в процесі ПМД;

- формування сучасного наукового кадрового потенціалу, здатного забезпечити проведення наукових досліджень та впровадження науково-технічних результатів.

Перспективним напрямком розвитку НДЛ є організація та участь у проведенні випробувань обладнання для ПМД.

Висновки

Таким чином, дослідження стану протимінної діяльності в Україні та Центру протимінної діяльності, зокрема, показало наступне:

- відповідно до вимог Закону України [1] створена дієва система протимінної діяльності з чіткою підпорядкованістю Національному органу з питань ПМД;

- з метою практичної реалізації заходів протимінної діяльності на виконання вимог Закону [1] створено Центр протимінної діяльності Державної служби спеціального транспорту;

- з метою підвищення ефективності системи протимінної діяльності у ЦПМД створена СУЯ розмінування, яка включає сертифікацію операторів ПМД (Орган з сертифікації ЦПМД) та контроль якості розмінування (Орган з інспектування ЦПМД);

- у рамках міжнародного співробітництва у сфері ПМД здійснюється реалізація спільних проєктів з іноземними державами, міжнародними організаціями та установами, активним учасником яких є ЦПМД;

- впроваджена система підготовки та підвищення кваліфікації кадрів ЦПМД, що залучаються до розмінування.

До перспективних шляхів розвитку ПМД у межах повноважень ЦПМД можна віднести наступні:

- розширення сфери акредитації Органу з сертифікації ЦПМД щодо розмінування з використанням машин та механізмів, застосування кінологічних розрахунків мінно-розшукових собак, розмінування акваторій, знищення/знешкодження вибухонебезпечних предметів;

- удосконалення нормативно-правових документів ПМД (внесення змін до існуючих та створення нових) з метою забезпечення ефективного функціонування системи управління якістю розмінування, враховуючи досвід передових країн світу та досвід протимінної діяльності під час проведення АТО/ООС;

- підвищення ефективності виконання завдань ПМД за рахунок проведення прикладних і фундаментальних наукових досліджень у межах повноважень науково-дослідної лабораторії.

Список літератури

1. Про протимінну діяльність в Україні: Закон України від 06 грудня 2018 р. № 2642-VIII [Електронний ресурс]: *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2019, № 6, ст. 39) (із змінами, внесеними згідно із Законами № 2706-VIII від 25.04.2019, ВВР, 2019, № 22, ст. 82; № 911-IX від 17.09.2020). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

2. Ганненко С. О. Проблемні питання реалізації заходів протимінної діяльності України під час ведення бойових дій. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2020. Т. 4. № 1. С. 25–30. <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2020.4.1.-25-30>.
3. Вибухонебезпечні предмети як елемент гібридних загроз: виклики та протидія: Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції НУОУ ім. Івана Черняхівського. Київ, 2021. 244 с.
4. Мацько О. Й., Коваль В. В., Комісаров М. В., Мацько О. Й. До питання визначення внеску факторів в ефективність виконання заходів протимінної діяльності в Україні. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2021. № 3(44). С. 154–158. <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.44.18>.
5. Колос Р. Л., Фтемов Ю. О. Організація виконання робіт з розмінування місцевості від вибухонебезпечних предметів. *Військово-технічний збірник*. 2017. № 17. С. 53–60.
6. Комісаров М. В., Підгородський М. М. Методика оцінювання ефективності виконання заходів протимінної діяльності. *Військова кібернетика та системний аналіз*. 2022. № 1(43). С. 13–18. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-43-1-13-18>.
7. Центр протимінної діяльності: веб-сайт. URL: <https://www.ua-nmac.org/>.
8. ДСТУ-П 8820:2018. Протимінна діяльність. Процеси управління. Основні положення. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2019. 83 с.
9. Про прийняття Протоколу про вибухонебезпечні предмети – наслідки війни від 22.12.2004 № 2281-IV. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2005, № 6, ст. 135). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
10. Про акредитацію органів з оцінки відповідності. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2001, № 32, ст. 170). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
11. Про технічні регламенти та оцінку відповідності. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2015, № 36, ст. 275). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
12. Про затвердження порядку ведення обліку операторів протимінної діяльності: Постанова Кабінету Міністрів України від 3 листопада 2021 р. N 1150. URL: <https://ips.ligazakon.net>.
13. Конвенція про заборону застосування, накопичення запасів, виробництва і передачі протипіхотних мін та про їхнє знищення. URL: <https://ips.ligazakon.net>.

Надійшла до редколегії 22.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Лаппо Ірина Миколаївна

кандидат технічних наук доцент
старший науковий співробітник
Центру протимінної діяльності,
Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9243-9763>

Бірюков Євгеній Михайлович

начальник Центру протимінної діяльності,
Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9860-0519>

Журахов Олексій Васильович

науковий співробітник
Центру протимінної діяльності,
Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4547-1546>

Добришкін Юрій Миколайович

кандидат технічних наук
начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1044-1822>

Information about the authors:

Iryna Lappo

PhD in Engineering Associate Professor
Senior Researcher
of Mine action centre,
Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9243-9763>

Yevheniy Biriukov

Head of Mine action centre,
Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9860-0519>

Oleksii Zhurakhov

Researcher
of Mine action centre,
Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4547-1546>

Yuriy Dobryshkin

PhD in Engineering
Head of Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1044-1822>

MINE ACTION CENTER: MAIN ASPECTS OF ACTIVITY AND DEVELOPMENT PROSPECTS

I. Lappo, Ye. Biriukov, O. Zhurakhov, Yu. Dobryshkin

Statement of the Problem. Ukraine is one of the ten countries with the most explosive contaminated territory, and this situation tends to worsen due to the scale of military operations and the use of so-called “mine warfare” tactics. Therefore, the creation of an effective mine action system, taking into account the needs of safe demining of the territory of Ukraine from explosive objects, is a priority task at the national level.

Analysis of recent research and publications. The analysis of professional literature has shown that the issues of creating an effective mine action system, improving the regulatory framework based on international experience,

problems and ways to solve humanitarian demining, and the impact of explosive hazards on the environment are in the focus of attention of the scientific community. The issue of development and improvement of the mine action system has become even more urgent and requires further development taking into account the principles of international humanitarian law and measures to minimize the danger caused by explosive hazards.

The purpose of the article is to study the activities and identify promising ways of development of the Center for Mine Action in the conditions of the legal regime of martial law.

In Ukraine there is an effective mine action system with clear subordination to the National Mine Action Agency. In order to implement mine action measures in practice, the Mine Action Center was established, which has an effective mine clearance quality management system, including certification of mine action operators (Certification Agency) and control of demining quality (Inspection Agency).

Within the framework of international cooperation, joint projects are implemented with foreign countries, international organizations and institutions, in which the Mine Action Center is an active participant. A system of training and advanced training of the Mine Action Center's personnel involved in demining has been implemented.

Promising ways of developing mine action within the competence of the Mine Action Center include the following: expanding the scope of accreditation of the Certification Agency; improvement of normative and legal acts of mine countermeasures (amendments to existing ones and creation of new ones); increasing the effectiveness of mine action tasks by conducting applied and fundamental research within the authority of the scientific research laboratory.

Keywords: explosive ordnance, mine action, demining, certification, mine action center.

А.А. Любарець¹, А.М. Шатров², А.О. Нікітченко³¹Державне підприємство “Державне Київське конструкторське бюро “Луч”, Київ²Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ³Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ РАКЕТНИХ ДВИГУНІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

У статті наведено методичні та технологічні підходи щодо дослідження працездатності та підтвердження основних характеристик ракетних двигунів твердого палива, що входять у склад засобів ураження різного призначення, а також основні напрямки організації та особливостей проведення відповідних вогневих стендових випробувань. У якості основного показника надійності пропонується використовувати імовірність безвідмовної їх роботи на заданий час функціонування. Наведено апаратуру та основні прилади щодо забезпечення цих випробувань.

Результати попередніх фізико-хімічних досліджень також враховуються.

Ключові слова: балістичне паливо, засоби ураження, вогневі стендові випробування, повний імпульс тяги, ракетний двигун твердого палива, складова частина.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасні засоби ураження (ЗУ), як об'єкти аналізу надійності, є складними технічними системами, дослідження яких потребує необхідність оцінки не тільки технічного стану їх складових частин (СЧ), а і взаємозв'язків, тобто алгоритмів взаємодії між ними. Одними із найважливіших СЧ суттєвої номенклатури сучасних ЗУ, які у значній мірі виливають на їх визначальні тактико-технічні характеристики та безпеку експлуатації, є ракетні двигуни твердого палива (РДТП). Під технічним станом ЗУ та їх СЧ будемо мати на увазі сукупність їх властивостей, які зазнають змін в процесі експлуатації та характеризуються в певний момент часу параметрами (ознаками), визначеними технічною документацією.

РДТП сучасних ЗУ розробляються і виробляються як високонадійні вироби, які в процесі експлуатації не перевіряються. Разом з цим, вплив умов і строків експлуатації на їх комплектуючі (заряди балістичного палива, піротехнічні засоби, гумотехнічні деталі, теплозахисні покриття тощо), може суттєво вплинути на їх властивості. Тому, працездатність РДТП необхідно обов'язково досліджувати в усіх можливих режимах функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За своєю природою заряди балістичного палива є відносно малостійкими хімічними сполуками, які с часом поступово розкладаються, але з різною швидкістю. В процесі цих перетворювань може змінюватися хімічна стійкість, чутливість до механічних впливів та показники якості. Глибина

цих перетворювань залежить від умов і тривалості експлуатації, технології виробництва і конструкції. Так, навіть незначні відхилення від технології виробництва щодо підвищення вмісту домішок кислот чи лугів можуть суттєво змінювати характеристики балістичного палива РДТП в процесі експлуатації. Наслідками може бути підвищення вибухонебезпечності ЗУ у цілому [1–3]. Це обумовлює необхідність дослідження не тільки стану зарядів балістичного палива, а й вплив різноманітних чинників щодо процесів механічних та фізико-хімічних змін, а саме - відсутність тріщин та розшарувань, наявність та питома кількість продуктів розкладу у зарядах, їх взаємодія з лакофарбовим покриттям і конструкційними матеріалами ЗУ тощо) [4–5].

Враховуючи, що на теперішній час теорію довготривалого зберігання виробів, які містять заряди балістичного палива та інші матеріали спеціальної хімії (вибухових речовин і складів, піротехнічних сумішей, балістичних, піроксилінових, лакових та димних порохів тощо), у достатній мірі не розроблено, тобто не встановлено кількісного зв'язку між їх хімічною стійкістю та строками зберігання, для оцінки їх технічного стану необхідно проводити відповідні лабораторно-експериментальні дослідження та вогневі стендові випробування [6–7].

У зв'язку з цим до надійності РДТП пред'являються більш високі вимоги, ніж до показників надійності інших СЧ, при їх розробці і виробництві закладається імовірність безвідмовної роботи 0,990 ... 0,999 [8]. Тому одним з важливих етапів проведення досліджень і випробувань є

оцінка їх технічного стану і надійності. При цьому найбільш достовірні та об'єктивні характеристики можна отримати лише за результатами проведених вогневих стендових випробувань (ВСВ). Актуальність таких випробувань значно зростає за умови неможливості проведення контрольно-лотних випробувань (КЛВ) ЗУ, та дослідженнях РДТП, строки експлуатації яких значно перевищують початково-встановлені. Це обумовлено тим, що при тривалому зберіганні, комплектуючі РДТП (заряди балістичного палива, піротехнічні засоби, гумотехнічні деталі, теплозахисні покриття тощо) можуть змінити свої властивості, при цьому глибина цих змін залежить від умов зберігання. [2; 9]. Так, проведені ВСВ РДТП з приведеними строками експлуатації 30 років і більше показали, що повний імпульс їх тяги () може знижуватися до 20% (у залежності від типу палива та умов зберігання) [10].

Отже, розробка і впровадження методико-технологічних основ досліджень РДТП ЗУ при організації та проведенні досліджень їх технічного стану є **актуальним науково-технічним завданням**.

Метою статті є представлення результатів організації досліджень РДТП ЗУ та методико-технологічні основи оцінки їх технічного стану.

Виклад основного матеріалу

Для оцінки надійності РДТП та його комплектуючих розробляється структурно-функціональна схема надійності, яку запропоновано в [11]. Це дозволяє враховувати не тільки конструктивні елементи досліджуваних виробів, а і явища, що можуть привести до відмов, у тому числі такі, що обумовлені зв'язками між елементами. Структурно-функціональну схему надійності РДТП наведено на рис.1.



Рис.1. Структурно-функціональна схема надійності РДТП в режимі запуску та польоту

За результатами ВСВ РДТП, проведених з урахуванням структурно-функціональної схеми надійності конкретного зразка, отримується наступна інформація:

- внутрішні балістичні характеристики, що визначаються величиною і характером зміни тиску в камері згоряння протягом всього часу його роботи;
- масові, енергетичні та тягові характеристики;
- працездатність елементів і вузлів конструкції РДТП;

- характеристики органів керування РДТП (газодинамічні рулі в сопловому блоці для окремих типів ЗУ);

- характеристики експлуатаційної надійності.

Після обробки результатів проведених ВСВ визначаються:

- мінімальний і максимальний тиск у камері згоряння;

- тягові та енергетичні характеристики РДТП (питомий і повний імпульс тяги);

- час виходу на режим та повної роботи двигуна, час горіння заряду та спаду тиску, середня масова витрата палива;

- стабільність та середня швидкість горіння

- балістичного палива;

Масові характеристики визначають зважуванням основних елементів і вузлів РДТП до і після проведення ВСВ.

По закінченню ВСВ обов'язково оцінюється:

- залишкова товщина теплозахисного покриття РДТП, особливо найбільш навантажених частин (40 ... 50 % маси покриття руйнується в процесі роботи);

- цілісність корпусу РДТП та його окремих елементів, геометрія елементів і вузлів, зокрема площа критичного і вихідного перетину сопла.

ВСВ проводяться на спеціальному стенді, у склад якого входить оригінальне технологічне обладнання, що розроблено і виготовлено на Державному підприємстві “Київське державне конструкторське бюро “Луч” (ДП “ДержККБ “Луч”), основним з якого є:

- апаратура дистанційного запуску маршових і стартових РДТП АЗСД 7Х2.700.017 (рис.2);

- апаратура дистанційного вимірювання та реєстрації параметрів роботи РДТП АИР 7Х2.700.016 (рис.3);

- стапель фіксації у вертикальному положенні

С-40Т-1 Е240.125.00.000.0 з п'єзоелектричним датчиком вимірювання сили тяги;

– датчик реєстрації внутрішнього тиску газів (монтуються в технологічний отвір двигуна), а також ваги кранові (для зважування двигуна до і після роботи), прилад для вимірювання опору запальної лінії; джерело живлення апаратури постійного струму, з'єднувальні кабелі, комплект спеціалізованого інструменту, комплект перехідних деталей тощо.



Рис.2. Апаратура запуску РДТП АЗСД 7Х2.700.017



Рис.3. Апаратура вимірювання та реєстрації параметрів роботи твердопаливних двигунів АИР 7Х2.700.016

Перед проведенням ВСВ розробляються програма і методики випробувань, у яких задається послідовність виконання технологічних операцій щодо конкретного типу РДТП, залежно від його геометричних розмірів, маси, питомого імпульсу, особливостей конструкції тощо. Стандартний перелік завдань випробувань передбачає виконання наступних робіт:

- зовнішній огляд двигуна з метою виявлення його дефектів;
- підготовка стапеля та іншого технологічного обладнання, необхідного для випробувань;
- зважування двигуна та установка його в стапель;
- проведення вогневих випробувань двигуна з

реєстрацією сили тяги, часу роботи, сумарного імпульсу тяги, внутрішнього тиску газів двигуна;

– зовнішній огляд і зважування двигуна після випробувань;

– обробка результатів випробувань.

Повний імпульс тяги I_{Σ} досліджуваного РДТП розраховується за відомою формулою [10]:

$$I_{\Sigma} = \int_0^{T_D} R(t) dt,$$

де T_D – час роботи двигуна; $R(t)$ – питомий імпульс тяги (сила тяги).

На рис.4 і рис.5 відповідно, показано випробування РДТП авіаційної керованої ракети класу “повітря-поверхня” на стапелі С-40Т-1 Е240.125.00.000.0 і результати реєстрації його питомого імпульсу тяги ($R(t)$), які отримані за допомогою апаратури АИР 7Х2.700.016.



Рис.4. Випробування РДТП авіаційної керованої ракети класу “повітря-поверхня”

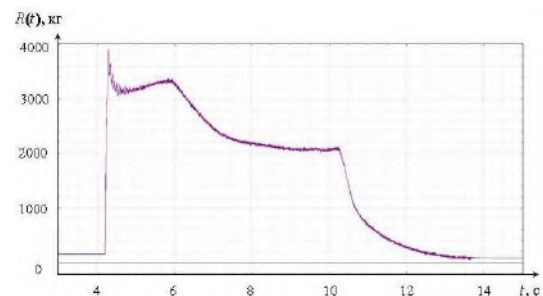


Рис.5. Тягова характеристика двигуна авіаційної керованої ракети класу “повітря-поверхня”

В якості основного показника надійності РДТП використовують імовірність безвідмовної роботи на заданий час його функціонування $P_{РДТП}(t_{РДТП}, t_n)$ [10]. На практиці це означає, що в довільний момент

експлуатації, тобто з моменту запуску (t_n) і за весь час його роботи ($t_{РДТП}$) відмов не виникне.

Показниками надійності окремих функціональних РДТП відповідно до його структурно-функціональної схеми надійності (рис.1) є:

– імовірність безвідмовного спрацювання піропатронів $P_{ПП}(t_{РДТП}, t_n)$;

– імовірність безвідмовної роботи запалювачів $P_{ЗП}(t_{РДТП}, t_n)$;

– імовірність штатної роботи заряду балістичного палива $P_{ЗП}(t_{РДТП}, t_n)$;

– імовірність безвідмовної роботи теплозахисного покриття корпусу РДТП $P_{ТЗП}(t_{РДТП}, t_n)$;

– імовірність непрогорання газоводу $P_{ГВ}(t_{РДТП}, t_n)$;

– імовірність збереження герметичності РДТП $P_{Г}(t_{РДТП}, t_n)$;

– імовірність неруйнування соплового блоку $P_{СБ}(t_{РДТП}, t_n)$;

– імовірність штатної роботи газодинамічного блоку $P_{ГДБ}(t_{РДТП}, t_n)$.

Імовірність безвідмовної роботи РДТП оцінюється як

$$\hat{P}(t) = \prod_{i=1}^n [1 - \alpha_i (1 - \hat{P}_i(t))],$$

де $\hat{P}_i(t)$ – точкова оцінка ймовірності безвідмовної роботи i -го елемента структурно-функціональної схеми надійності РДТП; α_i – коефіцієнт впливу відмов ($0 < \alpha_i \leq 1$) i -го елемента структурно-функціональної схеми надійності на безвідмовність

РДТП; n – кількість елементів РДТП.

Для повних відмов коефіцієнт $\alpha_i = 1$, для часткових (параметричних) – значення коефіцієнту α_i знаходиться в інтервалі $0,001 \dots 0,1$.

Оброблені результати досліджень і ВСВ поповнюють інформаційну базу даних ДП “ДержККБ “Луч” щодо конкретного типу АЗУ.

Досвід проведення робіт з продовження призначених строків служби показав, що для РДТП, які мають строки експлуатації понад 30 років, проведення ВСВ є обов’язковим. При цьому зазначимо, що ВСВ є руйнівним і затратним видом досліджень, що робить актуальним заходи щодо мінімізації їх обсягів без погіршення якості оцінок показників надійності. При узагальненні результатів досліджень і випробувань також доцільно застосовувати методичні рекомендації щодо визначення приведеного віку БЧ, яка оцінює вплив умов експлуатації на їх технічний стан [12].

Висновки

Проведення ВСВ РДТП дозволяють максимально повно оцінити їх технічний стан та визначити або підтвердити реальні тягові характеристики. За результатами цих випробувань також розраховуються або підтверджуються показники надійності. У випадку недостатньої інформації може бути прийняте рішення про необхідність додаткових досліджень.

Реалізація основних положень методико-технологічних основ досліджень РДТП ЗУ дозволила прийняти науково-обґрунтовані рішення як щодо можливості і доцільності подальшої їх експлуатації, так і необхідності введення ряду обмежень, у тому числі й вилучення з експлуатації.

Список літератури

1. Горст Г. А. Пороха и взрывчатые вещества. м.: Машиностроение, 1972. 206 с.
2. Буллер М. Ф., Белова Л. А. Щербань В. В. Изменение теплоты сгорания порохов и топлив при длительном хранении. *Механіка та машинобудування*. К.: 2006, № 2. С. 42–47.
3. Storage of Ordnance, Munitions and Explosives (OME) In Support of Operations, Chapter 11, Ministry of Defence explosives regulations for the safe storage and processing of ordnance, munitions and explosives (OME), MOD. Explosives regulations (JSP 482, Edition 4) and Joint Service Publication, UK, 2013. 423 с.
4. Vogelsanger, Bruno Ossola, Ulrich Schdeli, Dominik Antenen and Kurt Ryf: Ballistic shelf life of propellants for medium and small calibre ammunition–influence of deterrent diffusion and nitrocellulose degradation, 19th International Symposium of Ballistics, Interlaken, Switzerland, 7 – 11 May 2001. 323 с.
5. Щербань В. В. Проблемы и опыт организации исследований и выполнения работ по продлению сроков службы (хранения) авиационных средств поражения. Матеріали конференції “Актуальні проблеми розвитку авіаційної техніки”. К.: НАУ, 2011. С. 111–112.
6. Ланецкий Б. М., Лук’янчук В. В., Лісовенко В. В., Тербуха І. М. Особливості воєнно-наукового та науково-технічного супроводження робіт з продовження призначених показників зенітних керованих ракет та напрямки удосконалення нормативного та науково-методичного забезпечення цих робіт. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017, № 3(28). С. 48–54. <https://doi.org/10.30748/nipts.2017.28.06>.
7. Любарець А. А., Шатров А. М., Шишанов М. О., Павловський І. В. Методологічні основи обґрунтування структури системи підтримання справності засобів ураження, за якими не здійснюється авторський нагляд. *Озброєння та військова техніка*. 2018. № 1(17). С. 72–76.
8. Коростельов О. П., Ратніков І. М. Любарець А. А. До визначення кількості керованих ракет для проведення натурних випробувань при продовженні ресурсних показників парку ракет. *Технологические системы*. № 2(63). 2013. С. 73–75.
9. Buildings Associated with Military Explosives, Chapter 6, Ministry of Defence explosives regulations for the safe storage and processing of ordnance, munitions and explosives (OME), MOD explosives regulations (JSP 482 Edition 482) and

Joint Service Publication, UK, 2013. 250 с.

10. Креденцер Б. П., Ланецкий Б. Н., Лапицкий С. В., Любарец А. А., Одноралов И. В., Шатров А. Н., Шишанов М. А. Синтез системы поддержания исправности средств поражения: Основы военно-технических исследований. Теория и приложения: монография в 11 т. / за ред. О. П. Коростелева. К.: Видавничий дім Дмитра Бураго, 2019. Т. 11. 332 с.

11. Ланецкий Б. М., Коваль І.В., Лук'ячук В.В., Попов В.П. Загальні науково-методичні положення з організації та проведення робіт з продовження призначених показників зенітних керованих ракет. номенклатура призначених показників, структурно-функціональні схеми надійності. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. Х.: ХУПС, 2017. № 1(26). С.65–70.

12. Сторожук С. М., Перегончук В. П., Дроль О. Ю., Бабарига А. С. Методичний підхід щодо визначення приведенного віку засобів ураження як показника оцінки їх технічного стану. *Зб. наук. праць ДНДІА*. Вип. 18(25). К.: ДНДІА, 2022. С. 104–109. <https://doi.org/10.54858/dndia.2022-18-16>.

Надійшла до редколегії 03.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Любарець Андрій Анатолійович

кандидат технічних наук начальник відділу
Державного підприємства “ДержККБ “ЛУЧ”,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5647-3745>

Шатров Андрій Миколайович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-3070-7483>

Нікітченко Анна Олександрівна

молодший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<http://orcid.org/0000-0001-9387-5639>

Information about the authors:

Andrii Liubarets

PhD in Engineering Head of the Department
of State enterprise “SKDB “LUCH”,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5647-3745>

Andrii Shatrov

PhD in Engineering Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Aviation Institute
Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-3070-7483>

Anna Nikitchenko

Junior Research
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0001-9387-5639>

METHODOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL BASICS OF RESEARCH OF SOLID FUEL ROCKET ENGINES OF ATTACK MEANS

A. Liubarets, A. Shatrov, A. Nikitchenko

The article presents methodical and technological approaches to the study of performance and confirming the main characteristics of solid fuel rocket engines (SFRI), which are part of various means of destruction, as well as the main directions of organization and features of the relevant fire bench tests.

SFRI is one of the most important components of modern means of destruction, which largely determine their tactical and technical characteristics and operational safety. By their technical condition, we mean a set of properties that change during operation and are characterized by the parameters (signs) defined by technical documentation.

A structural-functional reliability scheme is developed to assess the reliability of SFRI, which allows taking into account not only the structural elements, but also phenomena that can lead to failures, including those caused by connections between elements. According to the results of bench fire tests of SFRI that are conducted taking into account the structural-functional reliability scheme, the following information is obtained: internal ballistic, mass, energy and traction characteristics; performance of structural elements and nodes; characteristics of operational reliability and control bodies. At the end of the tests, the remaining thickness of the heat shield, the integrity of the SFRI body and the condition of the exit nozzle are also evaluated. The probability of failure-free operation is used as the main indicator of reliability. As the main indicator of reliability, SFRI uses the probability of failure-free operation for a given time of its operation. The reliability indicators of individual components are determined in accordance with its structural and functional reliability scheme.

Fire stand tests of SFRI are carried out on a special stand, which includes original technological equipment developed and manufactured at the State Enterprise “Kyiv State Design Bureau “Luch”, the main of which are: equipment for remote launch of marching and starting АЗСД 7Х2.700.017; equipment for remote measurement and registration of operating parameters АІР 7Х2.700.016; slipway С–40Т–1 Е240.125.00.000.0 with sensors and a sensor for registering internal gas pressure.

The implementation of the main provisions of the methodological and technological basis of SFRI research made it possible to make scientifically based decisions regarding the possibility and expediency of their further exploitation, as well as the need to introduce a number of restrictions, including decommissioning.

Keywords: ballistic fuel, means of destruction, fire bench tests, full thrust impulse, solid fuel rocket engine, component part.

В.А. Ляшенко, О.Л. Кіпріанов, В.М. Зозуля, О.В. Юла

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

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ВІДЕОРЕЄСТРАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РУХУ ОБ'ЄКТІВ ВИПРОБУВАНЬ

У статті обґрунтовано проєкт Загальних вимог до системи відеореєстрації для визначення руху об'єктів випробувань озброєння та військової техніки.

Проведений аналіз науково-технічної літератури та інших відкритих джерел інформації дозволяє зробити висновок, що в розвинутих країнах світу постійно ведеться активна наукова робота щодо пошуку нових технологій, методів та засобів щодо підвищення ефективності проведення випробувань. Безліч різноманітних наукових досліджень пов'язані з необхідністю відеореєстрації процесів (швидкоплинних, теплових та інших) випробувань. Тому, під час випробувань застосовується різноманітне відеообладнання, яке відрізняється принципом дії та технічними характеристиками. В умовах сьогодення відеосупроводження впроваджуються на всіх етапах випробування озброєння та військової техніки. Можливості та технічні характеристики існуючого сучасного відеообладнання потребують ретельного вивчення.

На основі проведеного аналізу і дослідження можливостей існуючих засобів відеореєстрації було розроблено проєкт Загальних вимог до системи відеореєстрації для визначення руху об'єктів випробувань озброєння та військової техніки під час проведення випробувань, що надходять на постачання до Збройних Сил України.

Ключові слова: *засоби відеореєстрації, відеокамера, випробування, цифрова відеоінформація, цифрова швидкісна відеокамера, екшн-камера.*

Вступ

Постановка проблеми. Однією із складових засобів вимірювань є цифрові засоби відеореєстрації, які можуть застосовуватися як окремі елементи, так і у складі оптико-електронних станцій, що встановлюються на рухомих об'єктах випробувань, або окремо на визначених (обладнаних) місцях (майданчиках) і повинні здійснювати відеореєстрацію в заданому обсязі та заданими параметрами. При виконанні траєкторних вимірювань, за допомогою засобів відеореєстрації з декількох точок, супроводжується об'єкт чи група об'єктів випробувань та розраховується вертикальна та горизонтальна швидкості на (початковій) кінцевій ділянці. За вибірками координатно-просторового положення об'єктів у часі за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення формуються графіки траєкторії руху, швидкостей та прискорень.

Практичні дослідження показують, що для ефективного та всебічного аналізу стану об'єкту, його траєкторних параметрів, роботи систем озброєння та керування під час випробувань у важкодоступних районах (гірська місцевість, морська ділянка полігону), виникає необхідність у встановленні на об'єкт випробувань сучасних засобів відеореєстрації, які забезпечують отримання, збереження необхідних параметрів в екстремальних

умовах та подальшу їх обробку за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зібраний і проаналізований фактичний матеріал науково-технічної літератури та інших відкритих джерел інформації [1–7] дозволяє зробити наступний висновок, що в розвинутих країнах світу ведеться активна наукова робота щодо пошуку нових технологій, нових методів та засобів підвищення ефективності проведення випробувань. Безліч різноманітних наукових досліджень пов'язані з необхідністю відеореєстрації процесів (швидкоплинних, теплових та інших) випробувань. Тому, під час випробувань застосовується різноманітне відеообладнання, яке відрізняється принципом дії та технічними параметрами [8–12]. В умовах сьогодення відеозйомка процесів випробувань застосовується на всіх етапах виконання програм (методик) випробувань об'єктів озброєння та військової техніки (ОВТ). Технічні характеристики та можливості існуючого відеообладнання потребують ретельного вивчення.

На думку авторів статті, одним із способів вирішення даної проблеми є розробка проєкту Загальних вимог до системи відеореєстрації для визначення руху об'єктів випробувань під час проведення випробувань ОВТ.

Мета статті полягає у проведенні аналізу зазначеної проблеми та обґрунтуванні проєкту

Загальних вимог до системи відеореєстрації для визначення руху об'єктів випробувань озброєння та військової техніки.

Виклад основного матеріалу

Система відеореєстрації для визначення руху об'єктів випробувань призначена для отримання в режимі реального часу відеоінформації про просторове положення об'єкту випробувань, а в післясеансній обробці – відеоінформації про рух об'єктів випробувань у заданому просторовому об'ємі із заданою точністю.

Система складається з стаціонарних, мобільних засобів відеореєстрації та лінії післясеансної обробки відеоінформації.

Стаціонарні засоби відеореєстрації складаються з відеокамер (в комплекті) на штативах з азимутальною шкалою для орієнтування та нівелірами.

Мобільні засоби відеореєстрації складаються з відеокамер, які можуть кріпитись на об'єкті випробувань.

Лінія післясеансної обробки відеоінформації складається з захищеної переносної електронної обчислювальної машини (ЕОМ) та встановленого спеціалізованого програмного забезпечення.

Комплект системи відеореєстрації повинен мати у своєму складі:

- відеокамери в захищеному корпусі з вбудованим мікрофоном та датчиками просторового положення разом з додатковим обладнанням, пристроями заряджання, різними типами кріплень та захисту, картками пам'яті;

- захищену переносну електронну обчислювальну машину;

- спеціалізоване програмне забезпечення для обробки отриманої відеоінформації;

- зовнішнє джерело автономного живлення;

- комплект запасних інструментів та приладдя (ЗІП);

- захищені бокси для транспортування системи відеореєстрації;

- комплект експлуатаційної та технічної документації.

Основними завданнями системи відеореєстрації для визначення параметрів руху об'єктів випробувань є:

- відеореєстрація та візуалізація процесів випробувань (експериментів) із можливістю отримання інформації про просторове положення, лінійні розміри та відстані між об'єктами спостереження;

- формування відеоінформації для обробки за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

В якості об'єктів спостереження можуть

виступати наступні:

- озброєння та військова (спеціальна) техніка;
- засоби ураження ОВТ;
- стаціонарні та рухомі об'єкти.

Основними небойовими спеціальними функціями можуть бути:

- запис, зберігання та відтворення відеоінформації і звуку, отриманих в процесі випробувань;

- відеореєстрація руху об'єкту на початковій (кінцевій) ділянці траєкторії;

- відеореєстрація швидкоплинних процесів;

- реєстрація вимірювальної та відеоінформації на цифрові накопичувачі інформації;

- відтворення в режимі уповільнення (прискорення), покадрове (по ключовим кадрам) відтворення відзнятої відеоінформації.

Застосування в залежності від часу доби:

- вдень – без обмежень;

- вночі – з додатковими засобами освітлення об'єкту випробувань.

Умови навколишнього середовища:

- температура повітря – від -50 °С до +55 °С;

- відносна вологість повітря – до 98 %;

- атмосферний тиск повітря – від 15 мм рт. ст. до 795 мм рт. ст.

Реєструюча апаратура повинна бути стійкою і міцною щодо впливу зовнішніх факторів:

- захист від зовнішнього впливу згідно ГОСТ В 20.39.304-76;

- стійкість до вібрації та ударів – відповідно до MILS-STD 810G.

Можливості системи відеореєстрації визначаються в залежності від можливостей складових системи щодо основного призначення.

Час переведення з транспортного положення в стан готовності до реєстрації силами оператора – не більше 30 хвилин.

Час підготовки до транспортування – не більше 30 хвилин.

Час безперервної роботи від акумуляторної батареї (АКБ) – не менше 2 годин.

Час безперервної роботи від додаткового джерела живлення – обмежено об'ємом карти пам'яті.

Комунікація для передачі даних через USB стандарту 3.0 або вище.

Маса комплекту – до 15 кг (без урахування агрегату живлення).

Транспортування будь-яким видом транспорту.

Вимоги до відеокамери.

Основні рекомендовані загальні параметри цифрових засобів відеореєстрації, які можливо використовувати з ефективною якістю при проведенні випробувань ОВТ, наведено в табл.1.

Таблиця 1

Рекомендовані загальні параметри засобу відеореєстрації

№ з/п	Найменування параметру	Показники
1.	Тип матричного приймача випромінювання	CMOS – КМОП (комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник)
2.	Роздільна здатність (кількість елементів приймача випромінювання)	не нижче 2 млн.
3.	Чутливість	не менше 0,01 Лк (кольорова)
4.	Режим відеозйомки	1080p Full HD (1920×1080) – від 240 кадр./с і вище; 720p HD (1280×1024) – від 240 кадр./с і вище.
5.	Підтримка алгоритмів стискування	H.264+, H.265, HEVC та інші
6.	Формат зображення	JPEG, RAW та інші
7.	Формат відео	H.264, MTS, MOV, MPEG4, AVCHD, AVC, XAVC S 4K, XAVC S HD та інші
8.	Формат звуку	AVCHD, XAVC та інші
9.	Відкладений старт	так
10.	Вбудована пам'ять	64Гб і більше
11.	Функції стабілізування	основна – оптична, додатково – цифрова
12.	Підтримка карт пам'яті	SD/microSD
13.	Кут огляду (вертикаль × горизонталь)	не менше 60×110 градусів (може змінюватися в залежності від фокусної відстані об'єктиву)
14.	Світлосила	не гірше f/2,8
15.	Синхронізація	внутрішня, зовнішня
16.	Тип каналу зв'язку	дротовий (бездротовий)
17.	Управління	ручне – за допомогою елементів управління на камері; дистанційне.
18.	Живлення	– від акумулятора – не менше 2 годин; – від джерела автономного живлення – обмежено об'ємом карти пам'яті; – від промислової мережі 220 В – обмежено об'ємом карти пам'яті
19.	Колір корпусу	чорний або захисний
20.	Маса	до 1 кг

До комплекту відеокамери повинні входити:

- захисне скло (захисна бленда);
- акумуляторні батареї;
- зарядний пристрій для акумуляторних батарей;
- адаптер живлення від мережі 220 В для відеокамери;
- зовнішнє джерело автономного живлення з двома виходами (захисена розетка) на 220 В та двома виходами USB × 5В 2А;
- штативи з азимутальною шкалою для орієнтування та нівелірами;
- головки для штативів з трьома ступенями свободи;
- картки пам'яті та/або зовнішні жорсткі SSD-накопичувачі;
- комплект з'єднувальних кабелів та живлення;
- комплект кріплення відеокамери на різні поверхні.

Вимоги до захищеної переносної ЕОМ для

післясеансної обробки відеоінформації.

Переносна захищена ЕОМ для післясеансної обробки інформації повинна відповідати наступним вимогам та мати:

а) ЕОМ у складі:

- операційна система – Windows;
- оперативна пам'ять – не менше 16 Гб;
- процесор – 64-розрядний, не менше 8 ядер;
- пам'ять графічного процесора – не менше 6 Гб;
- ємність внутрішнього (зовнішнього) накопичувача – не менше 512 Гб (2Тб);
- монітор – з діагоналлю не менше 15" та роздільною здатністю (1920×1080) FullHD;

б) мережеві адаптери, роз'єми та порти вводу-виводу:

- Wi-Fi 802.11a/b/g/n/ac;
- USB 3.1 (тип А) – 2 шт;
- аудіо вхід/вихід (комбінований роз'єм);
- картридер SD-карта (SDXC) – 1 шт;

- Bluetooth 5.0– 1 шт;
- 10/100/1000 Ethernet (RJ-45) – 1 шт;
- VGA-порт (D-sub, 15-контактний) – 1 шт;
- HDMI-порт (тип A) – 1 шт;
- DC-in роз'єм – 1 шт;
- маса – до 4 кг;
- в) принтер;
- г) інтерфейсний кабель;
- д) джерело безперебійного живлення.

Тривалість автономної роботи – більше 4 годин.

Вимоги до спеціалізованого програмного забезпечення.

Спеціалізоване програмне забезпечення (СПЗ) розробляється і оформлюється відповідно до діючих національних стандартів України та призначене для обробки інформації, отриманої від цифрових засобів відеореєстрації (ЦЗВ), визначення характеристик просторового положення об'єкту під час проведення випробувань ОБТ, для отримання та відображення у графічному і табличному вигляді наступних характеристик:

- дати та часу проведення вимірювань;
- координат об'єкта в просторі (довгота, широта, висота);
- швидкості руху об'єкта.

Програмний засіб повинен забезпечувати виконання таких функцій:

- відкриття файлу MP4, завантаження даних про відео, що відтворюється в головному вікні програми;
- вилучення із відеофайлу інформації, що характеризує положення об'єкта у форматі “Час, мс; Локальний час; Широта; Довгота; Висота, м; Швидкість, м/с”;

– формування та збереження файлу типу KML, відображення траєкторії руху (за визначеними координатами довгота, широта), висоти та швидкості у вигляді графіків, як у вигляді лінійного графіка, так і у вигляді точок;

– збереження розрахованих даних у файл формату Microsoft Excel (розширення – .xlsx) та у вигляді даних, розділених комою (розширення – .csv);

– створення відміток часу під час відтворення відео, їх перегляд у окремому вікні та відкриття відеофайлу для перегляду у зовнішній програмі;

– відображення траєкторії руху об'єкту в окремому вікні портативної версії програмного засобу “Google Earth Pro”, що входить до інсталяційного пакету СПЗ;

– встановлення значення часового поясу в форматі “GMT + годин”;

– контроль дій користувача, перевірку на введення неприйнятних символів та формату даних;

– відображення інформації про назву, розміщення відеофайлу, що відтворюється, параметри відео, де вказано тип відеофайлу, тип відеокодека, ширину та висоту відео в пікселях, параметри звуку, де вказано назву аудіотрека та тип аудіокодека.

Джерело зовнішнього автономного живлення повинно забезпечувати безперервну автономну роботу споживачів протягом визначеного часу (табл.2) в навколишньому середовищі для споживачів.

Основні рекомендовані характеристики до зовнішнього джерела автономного живлення приведені в табл.2.

Таблиця 2

Основні рекомендовані характеристики до джерела автономного живлення

№ з/п	Найменування параметру	Показники
1.	Вид палива	бензин (дизель)
2.	Варіант виконання	у захисному кожусі (корпусі)
3.	Номинальна потужність, кВт	не менше 1,2
4.	Тип запуску	стартерний (ручний)
5.	Напруга, В	220
6.	Тип розеток і кількість	2×220 В (16 А) 2USB× 5 В (2 А) 1DC×12 В (5А)
7.	Кількість фаз	однофазний
8.	Частота струму, Гц	50
9.	Система охолодження	Повітряна
10.	Лічильник струму/мотогодин	Так
11.	Час безперервної роботи: без доливної пального; з доливною пального	не менше 2 годин 50-100 годин (для заміни мастила та проведення обслуговування)
12.	Вихід 12 В/24В	так (стабілізований)
13.	Автоматичний регулятор напруги	так
14.	Маса з паливом, кг	не більше 20

Комплект ЗІП має забезпечити технічне обслуговування, працездатність та відновлення складових частин системи відеореєстрації в гарантійний та післягарантійний період експлуатації у відповідності з вимогами експлуатаційної документації, а також забезпечити працездатність виробу та утримання його у справному стані протягом строку служби шляхом проведення технічного обслуговування у відповідності з вимогами експлуатаційної документації, а також можливість усунення відмов та несправностей протягом строку служби на місці експлуатації силами обслуговуючого персоналу. Запасні частини, інструменти і приладдя, що входять до комплектів ЗІП, повинні відповідати технічним умовам (ТУ), паспорту або мати сертифікат. Гарантійний строк запасних частин повинен бути не менше ніж гарантійний строк основного обладнання.

Захищені бокси для транспортування системи відеореєстрації повинні забезпечувати надійне збереження системи відеореєстрації від впливу дії зовнішніх факторів під час транспортування.

Захищені бокси повинні складатись із захисного герметичного корпусу та спеціального наповнювача (адаптивний поропласт або піноматеріал), мати габаритні розміри, які дозволяють безпечно розмістити комплект відеореєстрації в середині боксів.

Захищені бокси повинні відповідати вимогам ВСТ 01.055.005-2021 (01) “Озброєння та військова техніка. Випробування. Настанови щодо оцінки впливу навколишнього середовища на озброєння та військову техніку (STANAG 4370 Edition 7/АЕСТР-100 Edition E, Environmental Guidelines for Defence Materiel, IDT)”.

Комплект експлуатаційної (технічної) документації повинен відповідати національним стандартам України – Єдиній системі конструкторської документації та бути оформленим згідно правил виконання експлуатаційних документів відповідно ДСТУ ГОСТ 2.610:2013 державною мовою. До комплекту експлуатаційної (технічної) документації повинні входити документи, які перелічені в табл.2 ГОСТу 2.601-2013.

До комплекту документації СПЗ повинні входити документи, які визначені в Єдиній системі програмної документації (ЕСПД) (ГОСТ 19.101-77,

ГОСТ 19.103-77, ГОСТ 19.104-78, ГОСТ 19.105-78, ГОСТ 19.106-78, ГОСТ 19.401-78, ГОСТ 19.501-78, ГОСТ 19.502-78, ГОСТ 19.503-79, ГОСТ 19.504-79, ГОСТ 19.505-79, ГОСТ 19.506-79, ГОСТ 19.507-79, ГОСТ 19.508-79, ГОСТ 19.601-78, ГОСТ 19.602-78, ГОСТ 19.603-78, ГОСТ 19.604-78, ГОСТ 19.701-90).

Призначений термін служби відеокамер встановлюється після погодження з Виробником. Гарантійний термін зберігання – не менше одного року, гарантійний термін експлуатації – не менше двох років з початку введення в експлуатацію.

Протягом гарантійного строку експлуатації виробник зобов'язаний проводити заміну усіх складових частин, що передчасно вийшли з ладу в умовах експлуатації, які оговорені в настанові щодо експлуатації та договорі на поставку, за свій рахунок, при цьому постачальник надає на час ремонту обладнання інше однотипне обладнання з підмінного фонду. Постачальник забезпечує виконання гарантійних зобов'язань відповідно до укладеного договору на поставку.

Строк гарантійного ремонту при настанні гарантійного випадку та отримання постачальником рекламцій не повинен перевищувати 45 діб. Рекламції стосовно якості виробів пред'являються протягом строку дії гарантійних зобов'язань.

Засоби відеореєстрації повинні:

- мати можливість підтримки дротового та бездротового способу синхронізації та комунікації;
- використовувати існуючі та перспективні засоби та протоколи передачі відеоінформації.

Висновки

Таким чином, на основі проведеного аналізу складу цифрових засобів відеореєстрації, об'єктів випробувань, їх основних характеристик, а також тактико-технічних характеристик сучасних цифрових засобів відеореєстрації іноземного виробництва, обґрунтовано проєкт “Загальних вимог до системи відеореєстрації для визначення руху об'єктів випробувань озброєння та військової техніки”, що в свою чергу надасть можливість підвищити ефективність проведення випробувань озброєння та військової техніки за рахунок точності розрахунків, надійності, неупередженості, наочності, впорядкованості і стабільності.

Список літератури

1. Загальні вимоги до полігонно-випробувального комплексу Збройних Сил України, затверджені Міністром оборони України. 2015. № 19671/з.
2. Загальні вимоги до радіолокаційної станції зовнішньотраєкторних вимірювань з можливістю отримання траєкторної інформації на відстані до 300 км, затверджені начальником Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, 2017.
3. Загальні вимоги до пересувної радіолокаційної станції зовнішньотраєкторних вимірювань, затверджені начальником Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, 2020.
4. Загальні вимоги до мобільної радіолокаційно-оптичної станції зовнішньотраєкторних вимірювань, затверджені начальником Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, 2018.
5. Загальні вимоги до станції оптико-електронного виявлення, затверджені начальником Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, 2016.

6. Загальні вимоги до мобільної оптико-електронної станції зовнішньо-тракторних вимірювань, затверджені начальником Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, 2017.
7. Кулагін К. К., Чумак Б. О., Дзевєрін І. Г., Петрачков М. В. та інші. Звіт про науково-дослідну роботу “Обґрунтування доцільного складу та тактико-технічних характеристик полігонного вимірювально-обчислювального комплексу перспективного полігону зенітних ракетних військ”, шифр “ЕТАЛОН”, 0101U002257. Харків: ХНУПС, 2017. С. 22–32.
8. Веб-сайт. URL: <https://www.baesystems.com/en-us/productfamily/radar-systems> (дата звернення: 29.05.2020).
9. Алімпієв А. М., Певцов Г. В., Гриб Д. А. та інші / за заг. ред. А. М. Алімпієва. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка збройних сил російської федерації. Харків: ХКВ “Оригінал”, 2015. С. 180–181.
10. Зозуля В. М., Добришкін Ю. М., Рижков О. В., Стригун В. В., Юла О. В. та інші. Звіт про науково-дослідну роботу “Дослідження шляхів розвитку та удосконалення елементів системи тракторних вимірювань полігонного вимірювально-обчислювального комплексу”, шифр “ТЕОДОЛІТ”, 0101U001999. Чернігів: ДНВЦ ЗСУ, 2017. С. 40–43.
11. Верещак А. П. Радиолокационные станции тракторных и сигнальных измерений. Приложение 1. Харьков: НИИРИ, 1993. С. 59–110.
12. Зозуля В. М., Ляшенко В. А., Рижков О. В., Стригун В. В., Юла О. В. та інші. Звіт про науково-дослідну роботу “Дослідження шляхів побудови мобільного оптико-електронного комплексу тракторних вимірювань для проведення випробувань зразків ОВТ”, шифр “ВІЗІР”, 0119ZS002761. Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019. С. 80–87.

Надійшла до редколегії 01.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Ляшенко Володимир Алімович

кандидат технічних наук старший дослідник
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0103-9815>

Кіпріанов Олександр Леонідович

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-6326-4607>

Зозуля Валерій Миколайович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6389-4302>

Юла Олександр Васильович

начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6309-6594>

Information about the authors:

Volodymyr Lyashenko

PhD in Engineering Senior Researcher
Senior Researcher of State Scientific
Research Institute of Armament
and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0103-9815>

Oleksandr Kipriianov

Researcher of State Scientific
Research Institute of Armament
and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6326-4607>

Valerij Zozulia

Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6389-4302>

Oleksandr Yula

Head of Scientific Research Laboratory
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6309-6594>

JUSTIFICATION OF THE DRAFT GENERAL REQUIREMENTS FOR THE VIDEO REGISTRATION SYSTEM FOR DETERMINING THE MOVEMENT OF TEST OBJECTS

V. Lyashenko, O. Kipriianov, V. Zozulia, O. Yula

The article offers recommendations for the project of General requirements for the video registration system for determining the movement of weapons and military equipment test facilities.

The analysis of scientific and technical literature and other open sources of information allows us to draw the following conclusion that in the developed countries of the world active scientific work is constantly being conducted to find new technologies, methods, methods and means to improve the quality of testing. Many different scientific studies are related to the need for video recording of test processes (high-speed, thermal, and others). Therefore, during the tests, a variety of video equipment is used, which differs in the principle of operation and technical characteristics. In today's conditions, video surveillance is implemented at all stages of testing weapons and military equipment. The capabilities and technical characteristics of existing modern video equipment require careful study.

Based on the analysis and study of video recording capabilities, recommendations were developed for the project of General requirements for the video recording system for determining the movement of weapons and military equipment test objects during the testing of weapons and military equipment delivered to the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: video recording equipment, video camera, test, digital video information, digital high-speed video camera, action camera.

В.А. Ляшенко¹, В.І. Кривцун², В.О. Кузнецов¹, О.В. Агеєв²

¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ЧАСТКОВА МЕТОДИКА ПОРІВНЯЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ ЗРАЗКІВ ЗАСОБІВ (КОМПЛЕКСІВ) РОЗМІНУВАННЯ

З початком агресії російської федерації проти України в 2014 році територія нашої країни стала набувати лідера серед замінованих країн світу. Ситуація погіршилась з початком повномасштабного вторгнення російської федерації в лютому 2022 року, і на сьогоднішній день Україна стала найбільш забрудненою вибухонебезпечними предметами країною світу. Противник ігноруючи вимоги міжнародних договорів та конвенцій про заборону використання певних видів мінної зброї використовує весь наявний в них спектр інженерних боєприпасів. Окрім мінної зброї велику небезпеку становлять боєприпаси, які не розірвалися. Крім того, під час ведення бойових дій одними із самих складних завдань підтримки військ є розвідка місцевості на наявність вибухонебезпечних предметів, розмінування місцевості та пророблення проходів в мінних полях противника під час наступу. Для виконання цих завдань в організаційно-штатній структурі інженерних військ передбачені відповідні підрозділи, які оснащені як технікою, так і ручними комплектами розвідки та розмінування. Проте, досвід застосування інженерних підрозділів Сил Оборони показує, що зазначена техніка та комплекти розвідки та розмінування на сьогоднішній день застарілі, мають низьку ефективність та не відповідають вимогам щодо виконання подібного роду завдань. При цьому, через застарілість та незадовільний стан засобів розвідки і механізації пророблення проходів в мінно-вибухових загородженнях, ручний спосіб залишається основним. Цей спосіб є вкрай небезпечним та призводить до втрат особового складу.

З метою усунення (послаблення) зазначених проблемних питань ведуться дослідження з розробки сучасних перспективних комплексів розмінування, як ручних, так і дистанційно-керованих. Але під час досліджень виникає питання щодо їх оцінки за рівнем технічної досконалості та ефективності.

В статті запропоновано один з варіантів часткової методики порівняльного оцінювання рівня технічної досконалості зразків засобів (комплексів) розмінування з використанням методів імітаційного моделювання та прогресуючого еталону. Оцінювання ступеня відповідності варіантів альтернатив комплексів розмінування проводять порівнюванням з еталоном, на який відсутній державний стандарт та загальні вимоги чи кількісні показники. Визначення відповідності вимогам полягає у порівнянні комплексного показника альтернатив комплексом розмінування, що оцінюється, з комплексним базовим показником.

Ключові слова: бойові дії; вибухонебезпечні предмети; розмінування; імітаційне моделювання, комплекс розмінування, технічна досконалість.

Вступ

Постановка проблеми. Досвід ведення бойових дій у війнах та конфліктах сучасності, зокрема війни російської федерації (рф) проти України, показує широке використання мінно-вибухових загороджень (МВЗ). При цьому втрати противника на МВЗ можуть складати до 13 % від загальних втрат озброєння і військової техніки, а також особового складу. Вміле використання МВЗ може знизити темп наступу противника або взагалі зупинити його [1–3]. Проте, в ході наступальних (контрнступальних) дій наших підрозділів одним з найбільш складних завдань є розвідка місцевості на наявність вибухонебезпечних предметів (ВНП) та пророблення проходів в мінних полях.

Також необхідно зазначити, що через широкомасштабне вторгнення рф в Україну на

сьогоднішній день встановлено сотні кілометрів мінних полів, тисячі груп та поодиноких мін, а також саморобних вибухових пристроїв, знаходяться на поверхні (в глибині) землі сотні тисяч боєприпасів, які не розірвалися. Війна рф проти України призвела до того, що наша держава виявилася однією з найбільш забруднених країн світу вибухонебезпечними предметами. Станом на грудень 2022 року в Україні так зване “мінне забруднення” охоплювало близько 170 тисяч квадратних кілометрів – біля 30–40% загальної території країни, що не порівняти навіть з Сирією та Афганістаном, тобто більше чверті території країни [4]. Після закінчення бойових дій знадобиться десятки років для очищення території від вибухонебезпечних предметів, колосальні витрати коштів та ресурсу для проведення гуманітарного розмінування. Враховуючи, що війна

продовжується, площа замінованих ділянок щодня збільшується.

В цих умовах дуже гостро постало питання виконання як бойових завдань з розвідки місцевості та пророблення проходів в мінних полях, так і суцільного (гуманітарного) розмінування місцевості після звільнення від противника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз виконання завдань з розвідки місцевості на наявність ВНП, пророблення проходів в мінних полях, суцільного розмінування у воєнних конфліктах сучасності, миротворчих операціях та у війні РФ проти України показує, що на сучасному етапі інтенсивність застосування мінної зброї суттєво перевищують темпи розвідки та розмінування. Виконання зазначених завдань під час ведення бойових дій покладено на інженерні підрозділи ЗС України, які мають на своєму оснащенні як механізовані (коткові та колійні мінні трали, установки розмінування), так і ручні засоби ведення розвідки на наявність вибухонебезпечних предметів, пророблення проходів в мінних полях та розмінування (КР-И, КР-О). Окрім інженерних підрозділів, комплектами розмінування КР-О оснащені і загальновійськові підрозділи для самостійного виходу із замінованих ділянок. Проте, досвід застосування таких засобів показав їх моральну і фізичну застарілість (за винятком одиничних зразків) та невідповідність вимогам до виконання цих завдань. Через застарілість засобів механізації розмінування ручний спосіб залишається основним, що становить велику небезпеку саперам (операторам розмінування). Тільки станом на кінець 2020 року було зафіксовано 1190 інцидентів з ВНП, що призвело до чисельних втрат серед мирного населення та військовослужбовців [4]. Так, в рамках допомоги наших західних партнерів в питанні розмінування території України нам надають окремі зразки техніки та оснащення, але вони носять обмежений характер та в основному стосуються ручних засобів розвідки місцевості на предмет ВНП та розмінування [5].

З метою виправлення такої ситуації ведуться розробки вітчизняних перспективних засобів розвідки та розмінування (комплектів, комплексів розмінування, мінних тралів, установок розмінування, дистанційно-керованих засобів та комплексів розмінування тощо) і розглядаються можливості закупки іноземних зразків. Але під час обґрунтування прийняття на озброєння таких засобів виникає питання оцінки (сертифікації) рівня їх технічної досконалості. Враховуючи досить велику номенклатуру іноземних засобів розмінування, які виробляються у промислових масштабах, оцінка рівня технічної досконалості

вітчизняних перспективних розробок потребує великої уваги з метою порівняння показників, які у найбільшій мірі характеризують тип засобів, що розглядається, та дають змогу визначити комплексні показники якості, які враховують усі сучасні існуючі властивості.

Аналіз робіт [6–15], які присвячені вирішенню питання оцінки (сертифікації) рівня технічної досконалості об'єктів, зокрема і перспективних зразків озброєння і військової техніки (ОВТ), а також іноземних зразків, які плануються до закупки, показує, що в них достатньо повно обґрунтовано шляхи вирішення зазначеної проблеми.

В цих роботах розглядаються такі відомі методи як порівняльного аналізу, експертних оцінок, прогресуючого еталону, вагових коефіцієнтів, аналізу ієрархій, “ZIS-Erfolgsspinne” (“Павук-ЩС”) тощо. Основною ідеєю визначення рівня технічної досконалості зразка ОВТ під час застосування цих методів є визначення його коефіцієнта рівня технічної досконалості по співвідношенню до базового (еталонного) зразка (декількох зразків).

Разом з перевагами, застосування наведених методів мають і свої недоліки. Так, метод експертних оцінок передбачає опитування експертів, що тягне за собою в багатьох випадках суб'єктивність та неточність обрахування коефіцієнтів вагомості; обрахування за методом “ZIS-Erfolgsspinne” має велику трудомісткість – необхідно вимірювати площу “павутини” за допомогою планіметра, або під копірку робити їхні копії, вирізати і зважувати на аналітичних терезах, що значно ускладнює процес визначення комплексного показника технічної досконалості однотипних зразків ОВТ. Таким чином, окремі часткові питання цього процесу вирішені не в повному обсязі та потребують подальшого удосконалення.

В матеріалах робіт [9–13] наведені результати теоретичних досліджень щодо визначення рівня технічної досконалості різних видів ОВТ, таких як авіаційні боеприпаси, літальні апарати, броньовані автомобілі, броньовані ремонтно-евакуаційні машини. В роботі [8] наведено комплексну методику порівняльної оцінки зразків ОВТ за критерієм “технічна досконалість-вартість-ресурс”, в якій як складова оцінюється коефіцієнт технічної досконалості зразка ОВТ. В цих роботах в основному наведено порівняння ОВТ, яке знаходиться на озброєнні ЗС України з іноземними аналогами. В роботі [13] запропоновано спрощений варіант оцінювання рівня технічної досконалості ОВТ. Але враховуючи те, що через відсутність власного виробництва засобів (комплексів) розмінування (особливо дистанційно-керованих, які

є відносно новими видами озброєння), проводиться ряд досліджень з їх розробки, виникла потреба в обґрунтуванні способу оцінки рівня технічної досконалості таких перспективних зразків.

Метою статті є розгляд методичного підходу на основі проведення порівняльного оцінювання засобів (комплексів) розмінування (ЗКР) в умовах відсутності на них державного стандарту та загальних вимог (кількісних показників), основою якого є метод прогресуючого еталону.

Виклад основного матеріалу

Обґрунтування вимог до параметрів перспективних ЗКР пропонується здійснити на основі порівняльного оцінювання рівня технічної досконалості їх альтернатив, особливо закордонних. Сутність такого оцінювання полягає у встановленні рейтингу за рівнем технічної досконалості ЗКР відповідно класифікації (однотипних зразків). Під час проведення аналізу показників ЗКР головним чином розглядають найважливіші варіанти, які визначають основний обрис ЗКР і найбільшим чином впливають на їх технічні характеристики.

Основною метою методики порівняльного оцінювання однотипних варіантів альтернатив ЗКР та визначення перспектив їх розвитку є порівняння показників, які у найбільшій мірі характеризують тип засобів, що розглядається, оцінити відповідність існуючої системи вимогам технічних умов та державних стандартів, а також визначити комплексні показники якості, які враховують усі існуючі властивості, що дає змогу порівняти вітчизняні й зарубіжні варіанти альтернатив ЗКР.

В основу проведення порівняння варіантів альтернатив ЗКР пропонується застосовувати метод прогресуючого еталону. Вибір цього методу обумовлений тим, що розробка ЗКР, особливо дистанційно-керованих, почалась відносно недавно і на сьогоднішній день в Україні немає жодного прийнятого на озброєння зразка та затверджених вимог до них, хоча існує значна кількість закордонних зразків, які надходять до нас в якості допомоги в обмеженій кількості.

Оцінювання ступеня відповідності варіантів альтернатив ЗКР проводять порівнюванням з еталонем, на який відсутній державний стандарт та загальні вимоги чи кількісні показники. Визначення відповідності вимогам полягає у порівнянні комплексного показника альтернатив ЗКР, що оцінюється, з комплексним базовим показником.

В якості вихідних даних для проведення розрахунків обираються характеристики варіантів альтернатив ЗКР, що порівнюються. В якості даних перспективних ЗКР розробок, які ведуться, обираються обґрунтовані характеристики ЗКР відповідно до умов бойового застосування

підрозділів інженерних військ ЗС України.

Доцільно зауважити, що природним розвитком теорії функціональної ефективності військ є математичне моделювання бойових дій. При цьому особливого значення набуває не тільки бойова ефективність озброєння, але і бойові можливості підрозділів, співвідношення сторін, втрат та інші показники.

Зростання складності формалізації процесу бойового застосування системи розмінування обумовлено змінами умов ведення збройної боротьби та новими вимогами, які висувуються до новітніх зразків ЗКР. При цьому складність полягає у необхідності побудови моделей функціонування не тільки окремих зразків ЗКР, а моделей інформаційно взаємодіючих, різнотипних (бойових, забезпечуючих, засобів (комплексів) розмінування, що діють у складі бойових груп, інтеграції цих моделей в одне інформаційно-моделююче середовище (систему моделювання). З метою дослідження взаємодії ЗКР на різних рівнях ієрархії побудови військ та отримання необхідних характеристик комплексів розмінування для гарантованого виконання поставлених завдань, доцільно обрати середовище JCATS [16].

В імітаційній системі JCATS реалізована об'єктно-орієнтована архітектура моделей, яка забезпечує модульність та достатню гнучкість. Це дозволяє спростити процеси створення різних за складністю комплексів моделей типових бойових ситуацій з моделей функціонування окремих об'єктів (окремого солдата, вогневого засобу, підрозділу угруповання військ, засобів мінування та розмінування тощо).

Адекватність імітаційної системи JCATS підтверджується успішним її використанням під час бойових дій в Югославії, Сомалі, Іраку та позитивними результатами проведених перевірок. Ця система широко використовується для моделювання бойових дій в 23 країнах, в тому числі країнах-членах НАТО [16]. Також імітаційна система JCATS успішно використовується для підготовки підрозділів ЗС України.

Отже, після отримання характеристик перспективних ЗКР, в результаті імітаційного моделювання за допомогою системи JCATS, наступним кроком є порівняльне оцінювання з еталонним (декількома) ЗКР.

Для проведення порівняльного оцінювання пропонується наступна послідовність прийняття рішення та розрахунків.

На першому етапі обирають вибірку варіантів альтернатив ЗКР, яку за функціональними ознаками необхідно розбити на однотипні варіанти альтернатив ЗКР (подальші процедури проводять тільки між однотипними варіантами).

Для обраних варіантів альтернатив ЗКР встановлюють повний перелік характеристик, які відображають їх властивості, та узагальнюють чисельні значення $\{A_{ij}\}$ – характеристики для кожного варіанту.

В подальшому оцінюють пріоритетність j -ї характеристики (параметру) методом ранжирування – встановлення значущості технічних характеристик ЗКР на підставі їх упорядкування.

Для цього проводять опитування групи із K експертів. Кожен k -й експерт визначає набір чисел C_{ik} , $j = \overline{1, J}$, які відображають його погляд про пріоритетність технічних характеристик ЗКР. Кожен експерт має розташовувати технічні характеристики у порядку їх значимості (важливості) і приписати кожному із них числа натурального ряду: 1, 2, 3 тощо. Ранг показника визначають його номером, якщо на його місці у ряду відсутні будь-які інші. Коли на одному місці маємо декілька показників, що не розрізняються (мають зв'язані ранги), то ранг кожного з них дорівнює середньоарифметичному їх нових номерів. При цьому кількість рангів показників дорівнює N [12; 17].

Під час визначення коефіцієнтів C_{ik} приймається, що між рангом і важливістю характеристики варіанту альтернативи ЗКР існує лінійна залежність. Тоді визначення коефіцієнтів C_{ik} здійснюють за формулою

$$C_{jk} = 1 - \frac{r_{jk}^{-1}}{N},$$

де r_{jk} – ранг відповідного j -ї характеристики варіанту альтернативи ЗКР за думкою k -го експерта.

Після цього значення C_{jk} нормуються

$$\beta_{ij} = \frac{C_{jk}}{\sum_{j=1}^J C_{ik}}; \sum_{j=1}^J \beta_{jk} = 1.$$

Остаточне значення коефіцієнтів важливості β_j обчислюють усередненням значень β_{jk} , які надходять від усіх експертів. Коли компетентність експертів у групі вважається однаковою

$$\beta_j = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K \beta_{jk}; k = \overline{1, K}.$$

З метою обрахунку імовірності результатів експертного оцінювання, яка характеризується ступенем узгодженості оцінок, які надають експерти, використовують коефіцієнт конкордації (W), який визначають за наступними виразами:

$$W = \frac{12B}{K^2 \cdot (R^3 - R) - K \cdot \sum_{k=1}^{GK} T_k}; k = \overline{1, K},$$

$$B = \sum_{l=1}^R \left(\sum_{k=1}^K r_{lk} - \frac{1}{R} \sum_{l=1}^R \sum_{k=1}^K r_{lk} \right); l = \overline{1, R},$$

$$T_k = \sum_{\varphi=1}^{H_k} (h_{\varphi k}^3 - h_{\varphi k}),$$

де T_k – показник зв'язаних рангів у k -му ранжируванні. Коли ранги, які збігаються (зв'язні), відсутні, $T_k = 0$;

H_k – кількість груп рівних рангів у k -му ранжируванні,

$h_{\varphi k}$ – кількість рівних рангів у φ -й групі ранжирування зв'язаних рангів під час ранжирування k -м експертом.

Значення коефіцієнта конкордації перебуває у межах $0 < W < 1$. При цьому $W = 0$ означає повну протилежність, а $W = 1$ – повне збігання ранжирувань. Узгодженість вважається доброю, коли $W = 0,4 - 0,7$ [18].

Якщо характеристики за важливістю вважаються рівними між собою, то показник пріоритетності кожної із них визначають співвідношенням типу $1/J$, де J – загальна кількість характеристик оцінюваних варіантів альтернатив ЗКР.

Для кожної характеристики встановлюють критеріальне правило, за яким з усієї вибірки покровою обирають найкращий (умовно-еталонний) зразок ЗКР:

$$A_{ej} = \max A_{ij}, i = \overline{1, \dots, N} \text{ або } A_{ej} = \min A_{ij}, i = \overline{1, \dots, N},$$

де A_{ij} – абсолютне значення j -ї властивості i -го зразка, що порівнюється;

A_{ej} – абсолютне значення цієї властивості у еталона (базового).

Визначають відносні персональні показники кожного варіанту альтернативи ЗКР для кожної характеристики, які для властивостей “більше-краще”

$$q_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_{ej}},$$

а для властивостей “більше-гірше”

$$q_{ij} = \frac{A_{ej}}{A_{ij}}.$$

Для властивостей, які виражаються у вигляді “є” чи “немає”

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, A_{ij} - \epsilon, \\ 0, A_{ij} - \text{немає}. \end{cases}$$

Для будь-яких властивостей $q_{ij}=1$, якщо $A_{1j}=A_{2j}=\dots=A_{nj} = A_{ej} \neq 0$.

Середньозважений комплексний показник переваги i -го варіанту ЗКР, який визначають за формулою:

$$Q_i = \sum_{j=1}^J \beta_j q_{ij} .$$

де β_j – коефіцієнт вагомості j -ї властивості (технічної характеристики);

q_{ij} – відносний одиничний показник j -ї властивості i -го варіанту альтернативи ЗКР.

Нормують одержані значення комплексного показника переваги варіантів альтернатив КР по відношенню до найбільшого значення

$$K_j = \frac{Q_j}{\max Q_j} .$$

Встановлюють ранги кожного варіанту альтернативи ЗКР за рівнем якості. Роблять висновок про пріоритетність оцінюваних ЗКР. Визначаються переваги та вимоги до характеристик, які потребують поліпшення для існуючих на озброєнні ЗКР.

Отже, під час дослідження запропоновано методичний підхід щодо визначення рівня технічної досконалості засобів (комплексів) розмінування з використання імітаційного моделювання та проведення порівняльного оцінювання засобів (комплексів) розмінування (ЗКР) в умовах відсутності на них державного стандарту та загальних вимог (кількісних показників). Часткова методика порівняльного оцінювання альтернатив

ЗКР містить ймовірнісний показник та критерії і комплексно враховує організаційно-технічні вимоги та пріоритетність часткових показників, що дозволяє вирішити багатокритеріальну задачу вибору на множині цілей.

Висновки

Таким чином, можна зазначити, що на сьогоднішній день в умовах пошуку шляхів підвищення ефективності та безпеки процесів розвідки місцевості на наявність вибухонебезпечних предметів та розмінування ведуться розробки вітчизняних перспективних засобів (комплексів) розмінування та паралельно оснащення підрозділів закордонними зразками. Але в умовах обмежених економічно-фінансових можливостей держави гостро постало питання щодо обрання кращих зразків з точки зору “технічна досконалість-вартість-ресурс”.

В роботі на основі проведеного аналізу існуючих підходів порівняльного оцінювання зразків ОВТ для оцінки рівня технічної досконалості ЗКР, на які відсутні державні стандарти та загальні вимоги (кількісні показники), запропоновано використати методичний підхід з використання методів імітаційного моделювання та прогресуючого еталону.

В подальшому, враховуючи фінансові-економічні можливості держави, для оцінки можливості прийняття на озброєння ЗКР доцільно провести порівняння зразків (комплексів) розмінування за критеріями “технічна досконалість-вартість-ресурс” для отримання узагальненого показника.

Список літератури

1. Мінні та протимінні операції за стандартами (процедурами) НАТО: навчально-методичний посібник / колектив авторів. К.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2018. 388 с.
2. Про затвердження Настанови з улаштування інженерних загороджень, їх маркування, облік та звітність: Наказ Командувача Сил підтримки Збройних Сил України від 12.10.2020 № 68.
3. Куртсеїтов Т. Л., Мосов С. П., Трембовецький М. П., Ясько В. А. Мінна зброя у фокусі сучасних війн і збройних конфліктів. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. Київ, 2020. № 2(69). С. 116–121. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2020-2-69/116-121>.
4. Україна є найбільш замінованою країною у світі – Sky News. URL: <https://www.unian.ua/war/ukrajina-ye-paybilsh-zaminovanoju-krajinoju-u-sviti-sky-news-12126051.html>.
5. Військові показали, як словацька система Bozena-5 допомагає в розмінуванні Харківщини. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3656824-vijskovi-pokazali-ak-slovacka-sistema-bozena5-dopomagaє-v-rozminuvanni-harkivsini.html>.
6. Семенов С. С., Харчев В. Н., Иоффин А. И. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники. м.: Радио и связь, 2004. 532 с.
7. Буренок В. М., Погребняк Р. Н., Скотников А. П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. м: Машиностроение, 2010. 368 с.
8. Нор П. І., Бороховостов І. В. Методика комплексної порівняльної оцінки зразків озброєння та військової техніки. *Озброєння та військова техніка*. Київ: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2016. Вип. 3(11). С. 14–19.
9. Русіло П. О., Костюк В. В., Варванець Ю. В., Калінін О. М., Шевцов М. М. Вибір рівня технічної досконалості і технічних характеристик перспективного зразка озброєння та військової техніки (на прикладі зразків броньованих ремонтно-евакуаційних машин). *Військово-технічний збірник*. Львів: НАСВ, 2017. Вип. 16. С. 48–53.

10. Мавренков О. Є., Матвійчук С. В., Улізько В. І. Удосконалена методика розрахунку коефіцієнта військово-технічного рівня літального апарату. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації*. Київ, 2022. Вип. 18(25). С 47–51. <https://doi.org/10.54858/dndia.2022-18-7>.

11. Кузьменко Р. В., Зеленюх О. М. Застосування методу прогресуючого еталона у системах із неповною інформацією. *Військово-технічний збірник*, 2015. № 13. 46–51. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.13.2015.46-51>.

12. Шишанов М. О., Коцюруба В. І., Даценко І. П., Сахно В. П., Деркач І. І. Методичний підхід щодо порівняльної оцінки матеріалів корпусів панцерних спеціалізованих автомобілів. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони*: науковий журнал. 2015. № 1(22). С. 136–139.

13. Спосіб оцінювання рівня технічної досконалості однотипних зразків озброєння і військової техніки: пат. 65254 України: МПК G01 N27/27. № 201107506; заявл. 14.06.2011; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 22.

14. Ван дер Варден. Математическая статистика. м.: Издательство иностранной литературы, 1960. 435 с.

15. Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции. м.: Изд-во стандартов, 1975. 55 с.

16. Бойові броньовані машини. Концептуальні основи проектування: монографія / О. М. Куприненко. Львів: НАСВ, 2017. 198 с.

17. Коцюруба В. І., Коваль В. В., Шаповалов А. П. Методика порівняльної оцінки однотипних зразків озброєння і військової техніки оперативного (бойового) забезпечення та визначення перспектив їх розвитку. *Труди академії*: зб. наук. праць Національної академії оборони України. К.: НАОУ, 2008. № 6(86). С. 170–174.

18. Грабовецький Б. С. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 171 с.

Надійшла до редколегії 23.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Ляшенко Володимир Алімович

кандидат технічних наук старший дослідник
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0103-9815>

Кривцун Володимир Іванович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
начальник кафедри Національної
академії сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3907-5320>

Кузнецов Владлен Олександрович

начальник науково-технічного комплексу
вимірювань Державного науково-дослідного
інституту випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3156-2159>

Агєєв Олексій Віталійович

ад'юнк штатний науково-
організаційного відділу
Національної академії сухопутних військ
ім. гетьмана П. Сагайдачного,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0009-0007-9559-7936>

Information about the authors:

Volodymyr Lyashenko

PhD in Engineering Senior Researcher
Senior Researcher of State Scientific
Research Institute of Armament
and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0103-9815>

Volodymyr Krivtsun

PhD in Engineering
Senior Research
Head of Department
of Hetman Petro Sahaidachnyi
National Army Academy,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3907-5320>

Vladlen Kuznecov

Head of scientific and technical complex
of measurements of State Scientific Research
Institute of Armament and Military
Equipment Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3156-2159>

Oleksii Aheiev

full-time adjunct
of the scientific and organizational department
of Hetman Petro Sahaidachnyi
National Army Academy,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0007-9559-7936>

PARTIAL COMPARATIVE METHODOLOGY ASSESSMENT OF THE LEVEL OF TECHNICAL PERFECTION SAMPLES OF MINE CLEARING TOOLS (COMPLEXES)

V. Lyashenko, V. Krivtsun, V. Kuznecov, O. Aheiev

With the beginning of the aggression of the russian federation against Ukraine in 2014, the territory of our country began to become a leader among the replaced countries of the world. The situation escalated with the beginning of the full-scale invasion of the russian federation in February 2022, and today's Ukraine has become the country that is the most complicated in terms of explosive devices in the world. The enemy has been ignoring the

requirements of international treaties and conventions regarding the prohibition of the use of certain types of mine weapons and uses the entire range of engineering ammunition available to him. One mine weapon is a major hazard from unexploded ordnance. In addition, during hostilities, one of the most difficult tasks is to provide military reconnaissance of the area for the presence of explosive objects, demining the area and passing through the changing fields of the enemy during the offensive. For the performance of these tasks, the staff structure of the engineering troops provides for appropriate units that are equipped with both equipment and hand-held reconnaissance and demining equipment. The protest and experience of the use of engineering units of the Defense Forces shows that the mentioned equipment, reconnaissance and demining are outdated, have low efficiency and do not meet the requirements for performing tasks of this type. At the same time, due to moral obsolescence and unsatisfactory state of means of exploration and mechanization, the manual method remains the main way of making passages in variable-explosive barriers. This method is extremely dangerous and contagious to the point of losing personnel.

In order to eliminate (mitigate) the mentioned problems, research is being conducted on the development of modern perspective demining complexes, both manual and remote-control. There are questions about their evaluation according to the level of technical excellence and efficiency during research.

The article offers one of the options for a partial method of comparative assessment of the level of technical perfection of samples of demining means (complexes) using methods of simulation modeling and a progressive standard. Assessment of the degree of compliance of alternatives to demining complexes is carried out by comparing them with a standard for which there is no state standard, and general requirements or quantitative indicators. Determining compliance with the requirements consists in comparing the comprehensive indicator of the evaluated alternatives of the demining complex with the comprehensive basic indicator.

Keywords: combat operations, explosive objects; demining; simulation modeling, demining complex, technical excellence.

В.І. Нікітченко, Р.М. Олійник, Д.А. Іванов, Ю.М. Живець, О.В. Шумигай

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

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ “AUDS” ДЛЯ ПРОТИДІЇ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТАМ

У статті досліджено ефективність застосування системи “AUDS” для протидії безпілотним літальним апаратам шляхом узагальнення досліджень, тестувань та аналізу сучасного стану розвитку безпілотних літальних апаратів та засобів радіоелектронної боротьби з ними. Запропоновані рекомендації щодо вдосконалення системи “AUDS” для підвищення ефективності виявлення та радіоелектронного подавлення сучасних та перспективних безпілотних літальних апаратів, в тому числі виробництва Ісламської Республіки Іран.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, доцільність, ефективність, застосування, можливості, практичне тестування, радіоелектронне подавлення, система протидії.

Вступ

Постановка проблеми. Проблематика боротьби з безпілотними літальними апаратами (БпЛА) в сучасному світі та зокрема в ході війни російської федерації проти України набула великого значення.

З появою середніх та малих БпЛА завдання протидії їх застосуванню в особливо контрольованих зонах суттєво актуалізувалися. Починаючи з середини 2000-х років у засобах масової інформації стали регулярно з'являтися повідомлення про небезпечне використання малих БпЛА в районах аеропортів, а з середини 2010-х – про застосування малих БпЛА для ведення несанкціонованого спостереження важливих об'єктів, проведення терактів та диверсій, перенесення заборонених вантажів (зброї, наркотиків) та широкому використанні БпЛА у військовій справі. У зв'язку з цим в світі почалася активна наукова розробка цього напрямку досліджень. На теперішній час широко досліджуються нові способи протидії БпЛА, зокрема застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ).

Об'єктом дослідження є система протидії безпілотним літальним апаратам “AUDS” (Anti-UAV Defence System), виробництва компанії ECS (Великобританія), яка надійшла в якості матеріально-технічної допомоги Україні від країн-партнерів.

Актуальність дослідження. Масове використання в ході збройної агресії росії проти України широко поширених комерційно доступних малих БпЛА, а також БпЛА типу баражуючий боєприпас вимагає забезпечення захисту від їх впливу критичної інфраструктури, важливих об'єктів, військових підрозділів.

Досвід ведення бойових дій в сучасних війнах показав, що застосування коштовних засобів ППО проти малих та середніх БпЛА не завжди є доцільним. Тому саме системи радіоелектронного подавлення (РЕП) здатні ефективно вирішувати завдання з протидії зазначених типів БпЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Передумови розробки, переваги та недоліки систем протидії БпЛА розглянуті в ряді публікацій [2; 10–11; 14]. У [2; 6] викладені шляхи вирішення проблеми боротьби з БпЛА, зокрема з використанням систем РЕБ. Складові частини та принцип роботи системи “AUDS” описані в публікаціях [3–4; 7; 12–13]. Результати тестувань в польових умовах системи “AUDS” представлені в протоколах інструментальної оцінки [8–9].

Аналіз заявлені виробником технічні характеристики, результати тестувань системи “AUDS” та особливості радіоелектронного обладнання сучасних зразків БпЛА вимагають визначення шляхів підвищення ефективності застосування систем РЕБ для боротьби з БпЛА. Результати дослідження можуть бути використані при створенні перспективних систем радіоелектронної боротьби з БпЛА.

Мета статті – визначення ефективності застосування системи “AUDS” для протидії безпілотним літальним апаратам різних типів.

Виклад основного матеріалу

Безпілотний літальний апарат – літальний апарат літакового або вертолітного типу без екіпажу на борту, політ якого здійснюється або по задалегідь закладеній на борт програмі, або шляхом віддаленого керування каналами зв'язку. На сучасному етапі розвитку БпЛА призначені для вирішення широкого спектра завдань:

спостереження (розвідки), нанесення ударів, транспортування вантажів, цілевказання іншим засобам ураження, ретрансляції даних тощо, при їх дистанційному управлінні оператором або шляхом автономних дій за задалегідь закладеною програмою.

До переліку бортової апаратури можна віднести: навігаційну систему (автономну або засновану на використанні сигналів супутникових радіонавігаційних систем (СРНС)); систему зв'язку, що включає в себе каналоутворюючу апаратуру (КУА), за якою здійснюється управління БПЛА з ПУ і передаються телеметричні дані про стан обладнання БПЛА, а також каналоутворюючу апаратуру передачі даних від цільового навантаження; цільове навантаження (апаратуру розвідки або засоби ураження).

Особливості організації зв'язку у радіолініях передачі даних з БПЛА. Система радіозв'язку БПЛА є сукупністю різних ліній, у яких передаються дані принципово різного типу, рівня важливості, обсягу, рівня криптозахисту і т.д. Для управління та обміну даними з БПЛА організуються такі напрями зв'язку: напрям “вгору” – організується від ПУ до БПЛА і включає: напрям “вгору” КУА для передачі команд управління БПЛА, а також команд управління спеціальною апаратурою та технічними засобами корисного навантаження, розміщеними на БПЛА; напрям “вниз” – організується від БПЛА до ПУ і включає: напрям “вниз” КУА для передачі телеметричної інформації (ТМІ) про стан підсистем БПЛА, спеціальної апаратури та технічних засобів корисного навантаження, а також квитанції про виконання команд управління; високошвидкісна лінія передачі даних від спеціальної апаратури та технічних засобів корисного навантаження, розміщених на БПЛА.

Вищезгадані лінії зв'язку можуть організовуватися в різних частотних діапазонах, використовувати різні режими з ретрансляцією і без неї, використовувати різні сигнально-кодові конструкції, спеціально адаптовані під тип і важливість даних, що передаються. Для організації КУА та високошвидкісної передачі телеметрії та даних на наземний ПУ використовується УКХ (220-400 МГц), L (1,4-1,85 ГГц), S (2,2-2,5 ГГц), C (4, 4-5,85 ГГц), і Ku (15,15-15,35/14,4-14,83 ГГц) діапазони. Зв'язок організується не більше прямої видимості. Для зв'язку на дальню відстань можуть використовуватися БПЛА-ретранслятори, а також системи супутникового зв'язку (ССЗ).

БПЛА широкого використання. У простих малих БПЛА (широкого використання, комерційних) як КУА можуть використовуватися засоби доступу в мережі мобільних операторів зв'язку покоління 2G...4G, а також стандартні технології радіозв'язку:

RC433: 433 МГц; мережі 4G: 725 – 770, 790 – 830, 850 – 894 МГц; мережі CDMA: 850 – 894 МГц; RC868: 868 – 916 МГц; GSM900: 890 – 915, 935 – 960 МГц; GSM1800: 1710 – 1880 МГц; мережі 3G: 2110 – 2170 МГц; мережі Wi-Fi на базовій частоті 2,4 ГГц; 2,4 – 2,5 ГГц; мережі 4G: 2,5 – 2,7 ГГц; мережі Wi-Fi на базовій частоті 5,2 ГГц; 4,9 – 5,5 ГГц; мережі Wi-Fi на базовій частоті 5,8 ГГц; 5,5 – 6,1 ГГц.

Типові частоти, ширина типових каналів, типи сигналів і завадостійкого кодування, потужності передавачів і ТТХ приймальних засобів визначаються відповідними стандартами на вищезказані технології зв'язку.

БПЛА військового та спеціального призначення. Для управління спеціальними та військовими БПЛА, як правило, організується КУА з наземним ПУ або з вузлом ретрансляції:

– канали в L (1,4 – 1,85 ГГц), S (2,2 – 2,5 ГГц), C (4, 4 – 5,85 ГГц), і Ku (15,15 – 15,35 / 14,4 – 14,83 ГГц) діапазонах – основні канали КУА; в УКХ діапазоні (220 – 400 МГц) – резервні канали КУА;

– супутниковий канал (як правило використовується низькоорбітальна ССЗ Iridium, що забезпечує можливість використанням невеликих антен) L-діапазону (1,616 – 1,6265 ГГц) – резервний канал КУА, що встановлюється опціонально на окремих БПЛА.

Ширина каналів: канал “вгору” в L, S, C та Ku діапазонах:

– у режимі фіксованої частоти – 300 – 700 кГц;
– у режимі ШПС – 0,7 – 28 МГц; канал “вниз” у L, S, C та Ku діапазонах: 3 – 20 МГц;
– канали “вгору”/“вниз” в УКХ діапазоні: 25 кГц.

На теперішній час існують наступні узагальнені ТТХ радіоліній передачі даних зі спеціальних та військових БПЛА. Для передачі даних з великих та середніх БПЛА спеціального та військового призначення через ССЗ, як правило, використовуються ССЗ WGS та Inmarsat, а також інші сумісні з ними за режимами організації зв'язку ширококутові ССЗ. Лінія зв'язку “вниз” з ретрансляцією через ССЗ, як правило, формується в Ku діапазоні (30 – 31 / 20,2 – 21,2 ГГц) у смузі частот 125 МГц, в якій необхідна смуга частот виділяється підканалами із шириною 2,6 МГц.

Для високошвидкісного отримання даних зі спеціальних та військових малих БПЛА, як правило, організується високошвидкісна лінія зв'язку в режимі прямої видимості (без ретрансляції) з наземним ПУ в S (2,2 – 2,5 ГГц), C (4,4 – 5,85 ГГц), та Ku (15,15 – 15,35 / 14,4 – 14,83 ГГц) діапазонах. Ширина лінії зв'язку 3 – 40 МГц.

БПЛА виробництва Ісламської Республіки Іран, які використовують зс рф в ході війни проти України. Іран приділяє безпілотній авіації

дуже багато уваги. Причина цьому – багаторічні санкції, які обмежували розвиток пілотованої авіації, та будь-яких складних систем озброєння.

Деякі зразки іранських БпЛА закупила та використовує росія у війні проти України. На даний час відомо про застосування двох типів БпЛА: Shahed-136 (Герань-2 – російське маркування) – БпЛА “камікадзе” (баражуючий боєприпас), призначений для ураження наземних стаціонарних об’єктів шляхом наведення та контактного підриву бойової частини БпЛА.

Особливістю даного зразка є інерціальна система наведення, що зменшує точність влучання, але одночасно є стійкою до радіоелектронного подавлення.

Тактико-технічні характеристики БпЛА “Shahed-136”:

- максимальна дальність – 1000 – 1500 км;
- висота польоту – 200 – 4000 м;
- крейсерська швидкість – 180 км/год;
- маса бойової частини – 40 кг;
- розмах крила – 2,5 м;
- довжина – 3,5 м;
- система наведення – інерційна/дистанційна;
- двигун - поршневий, бензиновий.

“Mohajer-6” (Мохаджер-6) – багатоцільовий БпЛА, призначений для проведення розвідки, спостереження, рекогносцировки та вогневого ураження.

Тактико-технічні характеристики БпЛА “Mohajer-6”:

- бойовий радіус, км – до 2000;
- максимальна швидкість, км/год – 200;
- крейсерська швидкість, км/год – 150;
- максимальна висота польоту, км – до 5,4;
- тривалість польоту (макс), год – до 12;
- максимальна злітна маса, кг – 600;
- маса корисного навантаження, кг – 100;
- розмах крил, м – 10;
- довжина, м – 5,67.

Швидкий розвиток БпЛА призводить до вдосконалення їх навігаційного забезпечення. До таких напрямів удосконалення належать такі:

– використання для навігації електронних карт місцевості;

– використання для навігації різних автономних систем технічного зору, технології автоматичної одночасної побудови карти місцевості в невідомому просторі, контролю поточного розташування БпЛА та пройденого шляху;

– автономний прямолінійний політ БпЛА до цілі, що підсвічується зовнішнім джерелом випромінювання.

Наявність у сучасних зразках БпЛА, зокрема виробництва Ісламської Республіки Іран, інерціальної системи наведення робить їх стійкими до радіоелектронного подавлення.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики інформаційних каналів БпЛА, що використовуються зс рф

Тип радіоканалу	Діапазон частот, МГц	Потужність передавача, дБм	Коефіцієнт підсилення передавальної антени, дБі	Коефіцієнт підсилення приймальної антени, дБі	Ширина спектра, МГц	Тип сигналу	Параметри сигналу
1	2	3	4	5	6	7	8
Орлан 10							
Командний	902-922	-	2	2	1; 2; 4; 7	ЧМн-2 ППРЧ	Суміщена із телеметрією
Телеметрії	902-922 250-400	35,6 дБм	2	2	1; 2; 4; 7	ЧМн-2 ППРЧ	ППРЧ: швидкість – до 33 стр/с ; сітка частот – 100 кГц; тривалість ЧЕ – 13,5 мс; ширина спектра ЧЕ – 200 кГц; ЧМн2: частот. зсув 152,3кГц; сим. швидкість 76,15кБод.
Цільової інформації	2300-2700	-	2	-	15	ФМн-4	-

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Навігаційний	Більшість модулів 1559-1563-1573-1578-1597-1605 Модуль TRE-G3T 1559-1563-1573-1578-1597-1605-1166-1187-1226-1229-1237-1254	-	-	4	-	FDMA CDMA	Відповідають стандартам GPS; Galileo; Beidou; GLONASS.
Елерон-3СВ							
Командний	-	-	-	-	-	-	-
Ручного управління	-	-	-	-	-	-	-
Телеметрії	915-920	-	-	-	5	ЧМн2 ППРЧ	ППРЧ: швидкість 5 стр/с; крок сітки 0,29 МГц.
Цільової інформації	914	-	-	-	1,3	пакетний	Тривал. пакету 1,4 с.
Навігаційний	-	-	-	-	-	-	Відповідають стандартам GPS; GLONASS.
Тахион							
Командний							
Ручного управління	-	-	-	-	-	-	-
Телеметрії	915-920	-	-	-	5	ЧМн2 ППРЧ	ППРЧ: швидкість 5 стр/с; крок сітки 0,29 МГц.
Цільової інформації	914	-	-	-	1,3	пакетний	Тривал. пакету 1,4 с.
Навігаційний	-	-	-	-	-	-	-
Гранат							
Командний	902-928	-	-	-	-	-	Суміщена із телеметрією
Ручного управління	-	-	-	-	-	-	-

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Телеметрії	902-928	-	-	-	12,4	ЧМн2 ППРЧ	ЧМн2: частот. зузв 96кГц; симв. швидкість 48кБод; ППРЧ: швидкість 5 стр/с; крок сітки 0,25 МГц.
Цільової інформації	-	-	-	-	-	-	-
Навігаційний	-	-	-	-	-	-	-
DJI							
Командний	2400- 2480; 5700- 5800	20	-	-	75; 96	ППРЧ	ППРЧ: швидкість – до 450 стр/с ; сітка частот – 375 кГц; тривалість ЧЕ – 2,2 мс; ширина спектра ЧЕ – 1 МГц.
Ручного управління							
Телеметрії							
Цільової інформації	2400- 2480; 5700- 5800	20	-	-	10	-	-
Навігаційний	-	-	-	-	-	-	Відповідають стандартам GPS; Galileo; Beidou; GLONASS
Shahed -136							
Командний	902-928	-	-	-	-	ППРЧ	ППРЧ: швидкість – до 10 стр/с ; ширина спектра ЧЕ – 1 МГц.
Ручного управління							
Телеметрії							
Цільової інформації	-	-	-	-	-	-	-
Навігаційний	1300- 1400	-	-	-	-	-	Відповідають стандартам GPS; Galileo; Beidou; GLONASS
Mohajer-6							
Командний	902-928	-	-	-	-	ППРЧ	ППРЧ: швидкість – до 10 стр/с ; ширина спектра ЧЕ – 1 МГц.
Ручного управління							
Телеметрії							
Цільової інформації	2300- 2500	-	-	-	20	-	-
Навігаційний	1176- 1600	-	-	-	-	-	Відповідають стандартам GPS; Galileo; Beidou; GLONASS



Рис.1. Система протидії безпілотним авіаційним комплексам AUDS
Джерело: фотографії за даними [7].

Розгляд та оцінка тактико-технічних характеристик системи “AUDS”. Система протидії безпілотним авіаційним комплексам “AUDS” (рис.1), сумісного виробництва компаній Enterprise Control Systems, Blighter Surveillance Systems Ltd та Chess Dynamics (Великобританія) призначена для ураження та нейтралізації БПЛА, що здійснюють повітряну розвідку та потенційно зловмисну діяльність.

Згідно даних, зазначених на інтернет сайті виробника системи, “AUDS” – це спеціально розроблена багатодіапазонна система, розроблена для максимально ефективного подавлення каналів зв’язку (управління) БПЛА.

Система AUDS поєднує в собі електронне сканування, радіолокаційне виявлення цілей, електрооптичне відстеження/класифікація та спрямована на радіочастотне подавлення БПЛА.

Складові елементи системи “AUDS”. Радар – це модульна система електронного сканування без обертання (e-scan), що використовує енергоефективні технології PESA (пасивний масив з електронним скануванням) і ЧМБХ (частотно-модульована безперервна хвиля), щоб забезпечити надійне виявлення БПЛА у складних умовах (рис.2).

Радар Blighter A400 працює в Ku-діапазоні. Потужність радара до 4 Вт, що має забезпечувати виявлення цілі розміром від $0,01 \text{ м}^2$ на відстані до 10 км. До складу системи входить чотири радари, що забезпечує сектор дії 360° по азимуту.

Радар може виявити мініатюрний БПЛА на



Рис.2. Радар Blighter A400
Джерело: фотографії за даними [7].

відстані до 3,6 км. Швидкість дрона в діапазоні від висіння до дрейфу понад 400 км/год. Програмне забезпечення для відстеження цілей і широкі можливості зонної фільтрації дозволяють виявляти дрони, мінімізуючи ризик хибних тривог від птахів.

Оглядово-пошукова система AUDS (рис.3) використовує систему подвійної камери, включає: середньохвильовий тепловізор Gen 3 Cooled з горизонтальним полем зору $0,6^\circ - 36^\circ$ і високочастотну оптико-електронну камеру денного світла високої роздільної здатності Chess Synamics з горизонтальним полем зору $0,22^\circ - 58^\circ$.



Рис.3. Оглядово-пошукова система AUDS
Джерело: фотографії за даними [7].

Сигнал про виявлення цілі з радара подається в систему управління відеокамерами, яка забезпечує візуальний “захват цілі”, її ідентифікацію та прогноз маршруту руху.

В системі використовується цифровий пристрій спостереження, який забезпечує безперервне супроводження по азимуту. Система здатна безперервно панорамувати по азимуту та здійснювати наклони від -50° до $+60^\circ$ зі швидкістю 60° на секунду, супроводжуючи ціль на дистанції до 4 км.

Радіочастотний інгібітор (глушитель) AUDES (рис.4) є спеціально розробленою багато-діапазонною системою, що створена для максимальної ефективності радіоелектронного подавлення радіоканалів управління БПЛА.



Рис.4. Радіочастотний інгібітор
Джерело: фотографії за даними [7].

Радіоелектронне подавлення може бути активовано як вибірково, так і одночасно у всіх діапазонах в спектрі від 400 МГц до 6 ГГц, в п'яти смугах, які використовуються для управління БПЛА, а саме: 433 МГц, 915 МГц, 2,4 ГГц, 5,8 ГГц і ГНСС (глобальних навігаційних супутникових систем) з зоною випромінювання 20° . Частотний спектр відображено в табл.2.

Радіопеленгатор ТСІ 6085S (рис.5) підсистема радіоелектронної розвідки, яка дозволяє виявляти сигнали бортових засобів управління та передачі інформації БПЛА. Автоматично сканує визначені діапазони радіохвиль та визначає напрямок (сектор) на БПЛА на відстані до 30 км. Робочий діапазон радіопеленгатора – 20 МГц – 8 ГГц.



Рис.5. Радіопеленгатор ТСІ 6085S
Джерело: фотографії за даними [7].

Довідково: дана підсистема була введена до складу системи AUDES після порівняльних випробувань у 2018 – 2019 роках.

Таблиця 2

Частотний спектр системи AUDES

№ з/п	Частота	Заявлена потужність радіоподавлення
1.	433 МГц від 374-541 МГц	33 Вт
2.	915 МГц від 832-997 МГц	33 Вт
3.	L2 1163-1300 МГц	10 Вт
4.	L1 1537-1607 МГц	10 Вт
5.	2400 МГц 2330-2535 МГц	40 Вт
6.	5800 МГц 5096-5878 МГц	10 Вт

За результатами демонстраційного показу системи боротьби з безпілотними літальними апаратами AUDES у 2019 році протоколом показу визначено:

1) робота по БПЛА мультироторного типу здійснювалась на відстанях:

– виявлення по радіолокаційному каналу –

до 2500 м;

– виявлення по оптико-електронному (інфрачервоному) каналу – до 2500 м;

– супроводження по радіолокаційному каналу – до 3000 м;

– супроводження по оптико-електронному (інфрачервоному) каналу – до 3000 м;

– подавлення бортових радіоканалів навігації БпЛА – до 3000 м;
 – подавлення бортових радіоканалів управління БпЛА – до 3000 м;

– подавлення наземного пункту управління БпЛА – не здійснювалось (при фактичному віддаленні від місця розгортання засобу AUDES до наземного пункту управління БпЛА) – 2000 м.

2) Робота по БпЛА літакового типу здійснювалась на відстанях:

– виявлення по радіолокаційному каналу – до 4500 м;

– виявлення по оптико-електронному (інфрачервоному) каналу – до 4500 м;

– супроводження по радіолокаційному каналу – до 5500 м;

– супроводження по оптико-електронному (інфрачервоному) каналу – до 7000 м;

– подавлення бортових радіоканалів навігації БпЛА – до 3300 м;

– подавлення бортових радіоканалів управління БпЛА – до 3100 м;

– подавлення наземного пункту управління БпЛА – не здійснювалось (при фактичному віддаленні від місця розгортання засобу AUDES до наземного пункту управління БпЛА) – 6000 м.

Виходячи із заявлених тактико-технічних характеристик виробника системи “AUDES”, можна зробити висновок, що дана система розрахована для радіоелектронного подавлення широко поширених комерційно доступних малих БпЛА, обладнаних виключно стандартними засобами зв’язку (на основі стандартів 2G...4G та Wi-Fi) та навігації по ГНСС.

Тестування системи “AUDES” в польових умовах. Тестування в польових умовах системи “AUDES” було організовано Головним управлінням радіоелектронної та кібербезпеки Генерального штабу Збройних Сил України на полігоні в районі м. Бориспіль.

На час тестування погодні умови були наступні:

- температура повітря – + 6°C;
- атмосферний тиск – 1018 mbar;
- вологість – 84%;
- хмарність – низька, близько 800 м.

В ході тестування встановлено:

1) До тестування залучались два комплекси системи “AUDES”: BLACK TALON 1 (до складу комплексу не входить радар та оглядово-пошукова система) та AUDES – BLACK TALON 2.

2) Технічна та експлуатаційна документація до системи відсутня, що унеможливило попередню оцінку її спроможностей.

3) Час на розгортання та згортання комплексу системи “AUDES” (1 – 1,5 год.).

4) Під час тестування два комплекси РЕБ з

БпЛА BLACK TALON 1 та AUDES - BLACK TALON 2 з залученням квадрокоптера “Matrix-300” який працював в діапазоні частот 2330-2535 МГц, система пеленгація TCI 6085S AUDES – BLACK TALON 2 визначила азимут (пеленг) на радіосигнал квадрокоптера. Радарна система AUDES – BLACK TALON 2 квадрокоптер не виявила.

По визначеному азимуту, почергово та одночасно здійснили радіоелектронне подавлення BLACK TALON 1 та AUDES – BLACK TALON 2. Оператор квадрокоптера відмітив, що почергова робота комплексів не вплинула на контроль польоту, системи навігації, управління та передачі відео-сигналу. Тільки одночасна робота двох комплексів здійснила подавлення навігації квадрокоптера, при цьому управління та відеосигнал залишилися з мінімальною втратою якості зв’язку. Дальність до квадрокоптера складала 1 – 1,5 км при висоті 200-205 м. Пульс квадрокоптера орієнтовано знаходився на відстані 2 км.

5) Під час тестування BLACK TALON 1 та AUDES – BLACK TALON 2 з залученням БпЛА літакового типу “Т10 – Довбуш” (країна-виробник – Україна) системою пеленгації TCI 6085S БпЛА, який працював в діапазоні частот 5100 МГц – 5800 МГц був виявлений на відстані 5 км, але пеленг на ціль обидві системи не показали. Радарна система BLACK TALON 2 не спроможна була виявити сигнал БпЛА “Т10 – Довбуш”.

Після візуального виявлення цілі, комплексом BLACK TALON 2 зробити відео захват та супровід цілі також не вдалось, вірогідно через низьку хмарність.

Радіоелектронне подавлення здійснювалось частотного діапазону 5100 МГц – 5800 МГц та ГНСС. На відстані 300-5000 метрів подавити ціль не вдалось. Одночасна робота комплексів РЕБ з БпЛА BLACK TALON 1 та AUDES – BLACK TALON 2 по “Т10 – Довбуш” також не дала результату. Оператори БпЛА подавлення каналу управління не відмітили, подавлення ГНСС здійснено менш ніж на 20% (з 36 супутників після подавлення було втрачено тільки 6). Система оптикоелектронного виявлення цілі не змогла на фоні низької хмарності здійснити захоплення та супроводжувати БпЛА “Т10 – Довбуш”.

6) До складу програмного забезпечення системи “AUDES” входять:

DronDetector – призначена для виявлення та визначення БпЛА (типу дрон, мультикоптер) за закладеними параметрами сигналів (сигнатурами) відомих типів поширених БпЛА загального користування;

Blackbird Client – призначена для управління радіопеленгатором TCI, якій входить до складу системи та має забезпечувати визначення напрямку

(сектору) на БпЛА;

Talon Client – призначена для наведення випромінювачів системи на виявлений БпЛА та його радіоелектронного подавлення.

Програмне забезпечення комплексу, а саме система подавлення та система виявлення не синхронізовані. Програма виявлення дронів DronDetektor при інформуванні появи сигналу від дрону автоматично не надає азимут на джерело випромінювання.

В ході тестування системи “AUDS” в польових умовах встановлено її нездатність ефективно здійснювати радіоелектронне подавлення сучасних каналів передачі інформації та управління БпЛА.

Зазначене програмне забезпечення не синхронізоване, в комплексі не забезпечує виконання функцій з виявлення та радіоелектронного подавлення БпЛА.

Комплекс не дозволяє змінювати смугу перешкоди.

Визначення ефективності та доцільності застосування системи “AUDS” з радіоелектронного подавлення різних видів безпілотних літальних апаратів. Відповідно до призначення та ТТХ, заявлених виробником, система “AUDS” в ході тестування повинна була відпрацювати наступний алгоритм:

– виявити радіосигнал бортових засобів управління та передачі інформації БпЛА на відстані до 30 км за допомогою радіопеленгатора TCI 6085S та визначити пеленг (напрямок) на БпЛА;

– при входженні БпЛА в 10-ти кілометрову зону радар Blighter A400 повинен його виявити та по закладеним відомим параметрам в програму DronDetector ідентифікувати ціль;

– після надходження сигналу про виявлення БпЛА з радара до системи управління оглядово-пошукової системи, комплекс повинен здійснити відео захоплення цілі та її супроводження;

– після прийняття рішення, оператор системи “AUDS” через програму Talon Client повинен здійснити радіоелектронне подавлення БпЛА.

Результати практичного тестування системи “AUDS” в польових умовах показали, що:

– радіопеленгатор TCI 6085S здатний виявляти радіосигнал БпЛА та визначити пеленг на нього;

– радар Blighter A400 виявлення та ідентифікацію БпЛА не здійснив;

– оптико електронна оглядово-пошукова система захоплення та супроводження БпЛА не здійснила;

– здійснення радіоелектронного подавлення можливо лише у вузьких ділянках заявленого діапазону робочих частот (0.4...6 ГГц), а саме: 433 МГц, 915 МГц, 2400 МГц, 5800 МГц, а також у ділянках роботи супутникових радіонавігаційних

систем. Але досвід практичного застосування системи свідчить про те, що вона не здатна здійснювати радіоелектронне подавлення сучасних каналів передачі інформації та управління БпЛА.

Особливістю побудови системи “AUDS” є наявність підсистем радіолокаційного, оптико-електронного виявлення і спостереження та радіоелектронної розвідки, кожна з яких має власне програмне забезпечення. Взаємонесумісність зазначених програмних продуктів унеможливило роботу підсистем в комплексі і як результат всієї системи “AUDS” щодо виявлення, супроводження та радіоелектронного подавлення БпЛА.

На роботу оптикоелектронної оглядово-пошукової підсистеми в складі системи “AUDS” значний вплив мають незадовільні погодні умови, зокрема низька хмарність, що ускладнює процес захоплення та супроводження цілі.

Беручи до уваги узконаправленість радіоелектронного подавлення, час на розгортання та згортання комплексу системи “AUDS”, чутливість до погодних умов, недосконалість програмного забезпечення та наявність радіовипромінювачів (що знижує розвідувальну захищеність комплексу та може призвести до його виявлення та знищення противником), використовувати дану систему для потреб Збройних Сил України недоцільно.

Рекомендації. Виходячи з аналізу параметрів радіоелектронного обладнання сучасних зразків БпЛА для вирішення всього спектру визначених бойових завдань засоби РЕБ повинні:

– створювати прицільні за частотою і напрямку, загороджувальні за частотою квазібезперервні, імпульсні або прямошумові перешкоди у відповідь;

– мати робочий діапазон частот - 8... 11 ГГц та 11... 18 ГГц;

– виявляти радіолінії ППРЧ, ШПС у діапазонах частот 100...450 МГц, 960...1216 МГц;

– автоматично визначати параметри радіосигналів з класифікацією радіовипромінювань та селекцією джерел радіовипромінювань каналів радіоуправління БпЛА та передачі даних системи ГНСС;

– автоматично пеленгувати джерела радіовипромінювань у діапазонах частот 100 – 3000 МГц;

– створювати прицільні за частотою перешкоди в діапазоні частот 100...450 МГц (для РЕП мереж з ФРЧ і “повільною” ППРЧ);

– створювати загороджувальні перешкоди в діапазонах частот 100...450 МГц, 960... 1216 МГц (для подавлення мереж із “швидкою” ППРЧ і ШПС)

– межі роботи за азимутом – 360 град.;

– межі роботи за кутом місця – від – 10 град. до

+50 град.;

- час безперервної роботи – не менше 24 год;
- час роботи на випромінювання – не менше 6 год.

Висновки

1. Необхідність забезпечення захисту критичної інфраструктури та важливих об'єктів при забезпеченні вимог електромагнітної сумісності з існуючими радіоелектронними засобами зв'язку та навігації призвела до формування окремого напрямку в галузі протидії БпЛА, що полягає у створенні так званих комерційних комплексів РЕБ.

Відмінні риси комерційних комплексів РЕБ, порівняно з бойовими наступні:

- відносно невисокий енергопотенціал, у зв'язку з чим – менша дальність дії;
- використання спрямованих антенних систем, які дозволяють створювати модульні- комплекси РЕБ, зі складною конфігурацією щодо секторів, які подавляються та контрольованого периметра;
- використання для розкриття факту польоту БпЛА та контролю їх траєкторії не випромінюючих засобів – як засобів РРТР, так і пасивних РЛС, заснованих на прийомі відбитих сигналів від зовнішніх джерел радіовипромінювання;
- використання режимів подавлення каналів управління БпЛА, заснованих не на загороджувальних перешкодах, що перекривають окремих діапазон частот, а на перешкодах прицільних за частотою і структурою широко поширених засобів зв'язку з малими БпЛА;
- використання режимів розкриття каналів управління, заснованих на автоматичному визначенні типу протоколу, з-поміж найбільш широко використовуваних, з подальшим використанням відомих вразливостей у них;
- використання режимів подавлення та нав'язування хибних режимів роботи каналів

навігації БпЛА, заснованих на формуванні шумових перешкод, прицільних за частотою, для закритих каналів ГНСС при одночасному формуванні хибних сигналів – імітуючих перешкод, прицільних за частотою та структурою сигналу, для відкритих каналів ГНСС, так званих, “спуфінг” (від англ. spoofing – підміна) сигналів ГНСС.

2. Систему протидії безпілотним літальним апаратам “AUDS” по заявленим технічним характеристикам можна віднести до комерційного засобу РЕБ, яка неспроможна проводити своєчасне виявлення та здійснювати ефективне радіоелектронне подавлення сучасних каналів передачі інформації управління та відеосигналу БпЛА військового та спеціального призначення.

3. Виходячи з параметрів, закладених в програмно-апаратному комплексі системи “AUDS”, вона здатна виявляти та здійснювати радіоелектронне подавлення відомих типів БпЛА широкого використання (дронів, мультикоптерів), які зокрема використовуються для потреб збройних сил іноземних держав (включаючи зс рф) на тактичному рівні. Водночас, протидія БпЛА літакового типу в системі “AUDS” технічними параметрами не передбачена.

4. В разі усунення вищезазначених недоліків в роботі та відновлення працездатності системи “AUDS”, а саме:

- передбачення можливості змінювати ширину смуги перешкод;
- збільшення потужності випромінювання радіочастотного інгібітора (до 500 Вт);
- узгодження роботи програмного забезпечення, доцільно провести повторні практичні тестування системи “AUDS” в польових умовах та прийняття рішення щодо можливих сфер її подальшого застосування.

Список літератури

1. Інформаційно-аналітичний матеріал за результатами вивчення питань протидії безпілотним літальним апаратам. Київ: ЦДТ та ПОВТ. 33 с.
2. Макаренко С.І. Протидія безпілотним літальним апаратам: монографія: Наукоємні технології. 2020. 204 с.
3. Blacktalon 981 user manual – Enterprise control systems ltd 2022.
4. Системи оборони від безпілотників – Невський бастион: веб-сайт. URL: <http://nevskii-bastion.ru/systems-auds-usa/> (дата звернення: 18.01.2020).
5. Які існують дрони та на яких частотах вони працюють?: веб-сайт. URL: <https://www.podavitel.ru/na-kakikh-chastotakh-rabotayutkvadrokoptyeri-i-drony.html>.
6. Протидія радіокерованим дронам – важлива кожна секунда. Rohde & Schwarz: R&S@ARDRONIS. URL: https://scdn.rohdeschwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/ARDRONI_S_bro_ru_5214-7035-18_v0600.pdf.
7. Веб-сайт системи “AUDS”. URL: <https://www.auds.com/>.
8. Протокол № 54 інструментальної оцінки параметрів випромінювання РЕЗ (ВП), 04.11.2022, Радіочастотний орган спеціальних користувачів, військова частина А0766.
9. Протокол № 56 інструментальної оцінки параметрів випромінювання РЕЗ (ВП), 08.11.2022, Радіочастотний орган спеціальних користувачів, військова частина А0766.
10. Ростопчин В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния. *Беспилотная авиация*. 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye летательные аппараты_i_protivovozdusnaa_oborona_problemy_i_perspektivy_protivostoania.
11. Малорозмірні безпілотники – нова проблема для ППО. Відвага, 2015. № 6(14). URL: http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpk_vzglyad/malorazmernye_bespilotniki.

12. David Szondy Anti-UAV Defense System uses radio beam to disable drones, 2015. URL: <https://newatlas.com/anti-uav-defense-system-radio-beam-drones/39778/>.

13. Stop that drone: UAV freeze technique readied by British firms. URL: https://techxplore.com/news/2015-10-drone-uav-technique-readied-british.html?utm_source=ixbtcom.

14. Popil D., Brovko P., Knysh B. The classification of the certain types of the unmanned aerial vehicles. International periodic scientific journal: *Modern engineering and innovative technologies. Heutiges ingenieurwesen und innovative technologien*. 2017. № 1(02-01). С. 34–39. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2017-02-01-004>.

Надійшла до редколегії 23.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Нікітченко Віктор Іванович

кандидат технічних наук старший дослідник
начальник науково-дослідного управління
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8973-8711>

Олійник Руслан Михайлович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3969-544X>

Іванов Дмитро Анатолійович

провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4878-5121>

Живець Юрій Михайлович

начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4465-8667>

Шумигай Олександр Вікторович

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3699-2323>

Information about the authors:

Viktor Nikitchenko

PhD in Engineering Senior Researcher
Head of Scientific Research Office
of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8973-8711>

Ruslan Oliinyk

Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3969-544X>

Dmytro Ivanov

Leading Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4878-5121>

Yurij Zhivets

Head of Scientific Research Laboratory
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4465-8667>

Oleksandr Shumigay

Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3699-2323>

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF USING THE “AUDS” SYSTEM FOR COUNTERING UNMANNED AIRCRAFT DEVICES

V. Nikitchenko, R. Oliinyk, D. Ivanov, Yu. Zhivets, O. Shumigay

The article investigates the effectiveness of using the “AUDS” system to counter unmanned aerial vehicles by summarizing research, testing and analysis of the current state of development of unmanned aerial vehicles and means of radio-electronic combat against them. The object of the study is the anti-UAV defense system “AUDS” (Anti-UAV Defense System), produced by the ECS company (Great Britain), which came as material and technical assistance to Ukraine from partner countries. In the course of Russian’s armed aggression against Ukraine, the widespread use of commercially available small UAVs, as well as UAVs of the barrage type, requires the protection of critical infrastructure, important facilities, and military units from their impact. The experience of conducting combat operations in modern wars has shown that the use of expensive air defense equipment against small and medium-sized UAVs is not always appropriate. Therefore, it is the radio electronic suppression (REP) systems that are able to effectively solve the task of countering the specified types of UAVs. The article contains recommendations for improving the “AUDS” system to increase the effectiveness of detection and radio electronic suppression of modern and promising unmanned aerial vehicles, including those produced by the Islamic Republic of Iran.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, expediency, efficiency, application, capabilities, practical testing, radio electronic suppression, countermeasure system.*

С.В. Орлов, О.В. Симоненко, В.В. Ларін, А.М. Гордієнко

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

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА УМОВ ПОЛЬОТУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПОДОЛАННЯ СИСТЕМИ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ ПРОТИВНИКА

У статті розглянута проблема моделювання реальних умов роботи безпілотних літальних апаратів під час подолання системи протиповітряної оборони противника. Метою статті є обґрунтування методу проведення оцінки характеристик руху безпілотних літальних апаратів при проведенні повітряної розвідки, суть якого полягає в кількісному обґрунтуванні раціонального варіанту проведення повітряної розвідки з урахуванням можливостей зенітних ракетних комплексів системи протиповітряної оборони противника. Розглянути аналітичні залежності, які відображають основні характеристики розвідувальних безпілотних літальних апаратів в сукупності із запропонованою імітаційною моделлю подолання безпілотними літальними апаратами системи протиповітряної оборони противника. Вказані залежності дають можливість оцінити ефективність вибраного варіанту повітряної розвідки та визначити необхідні параметри руху безпілотних літальних апаратів, на основі яких можливо провести планування подолання протиповітряної оборони противника. Приведені розрахунки спираються на методи дослідження операцій.

Ключові слова: система ППО, зенітні керовані ракети, зенітні ракетні комплекси, безпілотні літальні апарати, повітряна розвідка.

Вступ

Постановка проблеми. Для аналізу параметрів руху БПЛА необхідно вирішити ряд задач, пов'язаних із плануванням раціональних траєкторій його польоту. До таких задач можливо віднести формування відповідних траєкторій трьохвимірного руху з урахуванням ряду вимог до них.

Такими вимогами можуть бути:

- недопущення прольоту БПЛА однієї ділянки місцевості двічі;
- наявність заборонених зон в ділянках польоту, що планується;
- проведення прольоту найбільш складних та небезпечних ділянок місцевості наприкінці місії, а не на початку;
- мінімізація часу польоту або витрат палива, при чому економія часу або палива надає можливість відвідати більшу кількість місць для виконання завдань польоту. При цьому треба враховувати не лише відстань між контрольними точками польоту пунктами польоту, а й несприятливі фактори зовнішнього середовища – вплив вітру та інших погодних умов, у тому числі зміну цього впливу на різних висотах. Необхідно передбачити запас палива, необхідний на подолання зустрічного вітру, враховуючи те що при зміні напрямку вітру необхідно розрахувати так звану “точку неповернення”, після перетину якої необхідно скорочувати або припиняти місію.

Таким чином, визначення можливих варіантів застосування БПЛА є завданням з багатим вибором

раціональних траєкторій руху, при побудові яких необхідно враховувати багату кількість складових чинників – від впливу вітру до можливостей використання противником системи протиповітряної оборони (ППО).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Новітній погляд на застосування БПЛА в сучасних збройних конфліктах наведено в [1–2]. Висока ефективність застосування БПЛА для проведення повітряної розвідки [3] обумовлює необхідність обґрунтування раціональних способів їх застосування. Нині спостерігається тенденція до підвищення можливостей систем протиповітряної оборони (ППО) до організації боротьби саме з БПЛА [4].

Методи оцінки ефективності застосування розвідувальних БПЛА, як правило, спираються на ряд аналітичних залежностей [5–7]. У тому числі приводяться аналітичні залежності врахування можливостей системи ППО противника по ураженню БПЛА [7].

Такий підхід при оцінці живучості БПЛА без урахування їх траєкторії польоту, тактичної побудови зенітних ракетних комплексів (ЗРК) системи ППО противника, характеристик і можливостей цих комплексів не дозволяє повною мірою отримати адекватну оцінку ситуації, що реально складається, при проведенні повітряної розвідки.

Метою статті є аналіз можливих траєкторій руху БПЛА шляхом обґрунтування раціонального способу проведення повітряної розвідки заданого

району дислокації військ противника з урахуванням технічних характеристик розвідувальної апаратури БПЛА і можливостей системи ППО, що діє проти нього.

Виклад основного матеріалу

Одним із основних завдань польоту БПЛА є пошук об'єктів противника в заданій області на його території. Методами пошуку, що найбільш широко використовуються, є баражування в заданому районі (рис.1) і обліт заданого рубежу у бойових порядках

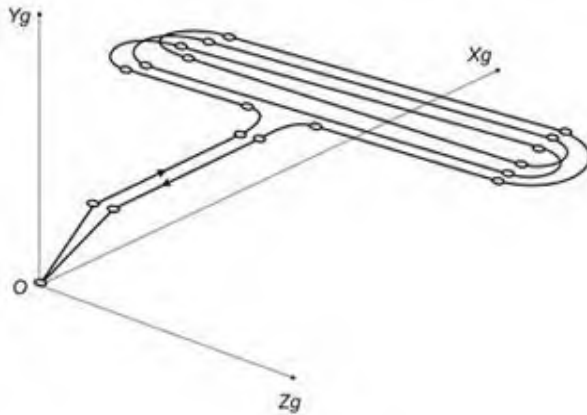


Рис.1. Баражування в заданому районі

Розглянемо узагальнену характеристику розвідувального БПЛА C_{In} – вартість виконання бойового завдання [7]:

$$C_{In} = \frac{C_{ла}}{n_{пр}} + C_{дрп} + C_{трм}, \quad (1)$$

де $C_{ла}$ – вартість нового БПЛА;

$n_{пр}$ – розрахункова кількість застосування БПЛА;

$C_{дрп}$ – вартість додаткових пристроїв (порохові прискорювачі, піропатрони і т. п.);

$C_{трм}$ – вартість палива і витратних матеріалів.

В якості основної оцінки дій розвідувальних БПЛА може бути використовувана вартість знімання інформації з одиниці площі земної поверхні [7]:

$$C_u = \frac{C_{In}}{P_{бз} F_s}, \quad (2)$$

де $P_{бз}$ – ймовірність виконання бойового завдання;

F_s – сумарна площа земної поверхні, що переглядається, в одному вильоті.

Цей показник дозволяє оцінити ефективність застосування будь-якого розвідувального БПЛА з урахуванням його виживаності, затратності і продуктивності його цільового навантаження.

Ймовірність виконання бойового завдання розвідувальними БПЛА представимо як:

противника (рис.2) [7].

Обліт заданого рубежу є одним з самих високоефективних. Профіль польоту вибирається таким, щоб забезпечити скритність і малопомітність, тим самим утруднити дії ППО противника.

Відмітимо, що при розгляді методів проведення повітряної розвідки одним з основних чинників, що впливає на даний процес, виступає система ППО противника.

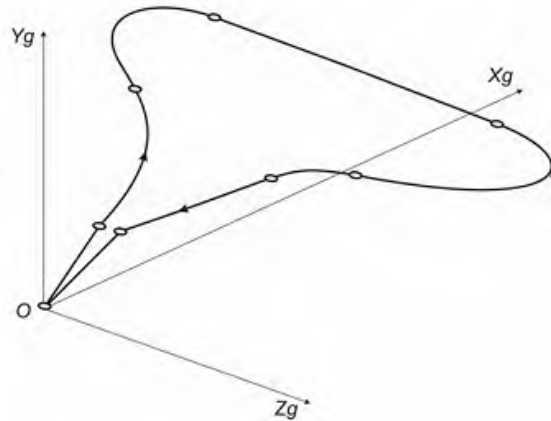


Рис.2. Обліт заданого рубежу

$$P_{бз} = K_2 P_{нво} P_p P_{об} \quad (3)$$

де K_2 – коефіцієнт готовності БПЛА;

$P_{нво}$ – ймовірність того, що БПЛА не будуть збиті системою ППО противника впродовж розвідувального польоту;

P_p – ймовірність того, що розвідувальна інформація не втратить своєї актуальності за час доведення її до командування, штабу;

$P_{об}$ – ймовірність попадання поодинокого об'єкту розвідки в область огляду апаратури БПЛА.

Розглянемо величини, що входять у формулу (3).

Коефіцієнт готовності БПЛА K_2 характеризує його можливість виконати поставлене завдання, тобто відображає його технічний стан.

$$K_2 = \frac{T_p}{T_e}, \quad (4)$$

де T_p – час безпосереднього функціонування;

T_e – загальний час експлуатації.

Ймовірність того, що розвідувальна інформація не втратить своєї актуальності за час доведення її до командування, штабу, P_p [7] виражається як:

$$P_p = e^{-\frac{T_{он}}{T_{ож}}}, \quad (5)$$

де T_{on} – час виявлення і передачі даних (є сумою часів: часу на виявлення об’єкту оператором на екрані монітора АРМ, часі ідентифікації об’єкту оператором і часу визначення координат об’єкту);

$$\frac{1}{T_{ож}} - \text{параметр рухливості об’єкту } (T_{ож} -$$

середній час перебування об’єкту розвідки в цьому стані або місці).

У свою чергу, ймовірність попадання поодинокого об’єкту розвідки в область огляду апаратури БПЛА $P_{об}$ виражається як:

$$P_{об} = \frac{S_{обз}}{S_n}, \quad (6)$$

де $S_{обз}$ – площа огляду апаратури цільового навантаження БПЛА в одному вильоті;

S_n – повна площа земної поверхні, на якій виконується бойове завдання по пошуку об’єкту.

Зупинимося детальніше на визначенні значення $P_{нво}$. Для повного урахування усіх чинників при обчисленні $P_{нво}$ раціонально використовувати метод імітаційного моделювання. Імітаційний метод дозволяє максимально врахувати як характеристики об’єктів, що беруть участь в досліджуваному процесі, так і використані тактичні побудови цих об’єктів. Тут об’єктами виступають БПЛА і ЗРК системи ППО противника.

Нехай в операції бере участь декілька БПЛА, кількість яких визначається завданням, що стоїть перед ними. Для того, щоб за результатами роботи імітаційної моделі оцінити ймовірність ураження БПЛА введемо в розгляд подію A_i , що полягає в ураженні i -го БПЛА, а також характеристичну випадкову величину x_i [8]:

$$x = 1, \text{ якщо подія сталася} \\ \text{інакше } x = 0.$$

Нехай ймовірність ураження i -го БПЛА p_i є результат роботи імітаційної моделі, тоді математичне очікування числа уражених БПЛА виражається як

$$m_{np} = \sum_{i=1}^N p_i, \quad (7)$$

де N – число БПЛА, що беруть участь в цій операції.

Відмітимо, основні труднощі розробки імітаційної моделі полягають в необхідності з максимальною точністю наблизити модельований процес до реального. Імітація процесу застосування БПЛА включає імітацію їх польоту та імітацію бойової роботи ЗРК системи ППО по ураженню виявлених цілей. Імітація польоту повинна викликати мінімальні програмні труднощі реалізації. При цьому слід зазначити некритичність

до точності реалізації самих траєкторій руху БПЛА. Опис (вибір параметрів) ракетних комплексів ПРО повинно повно враховувати їх бойові можливості.

Розглянемо модель траєкторії руху БПЛА (рис.3). Модельний час змінюється дискретно від нуля до заданого T_m , що визначає кінець польоту БПЛА, з кроком Δt .

Траєкторія польоту БПЛА задається простим способом – лінійними сплайнами.

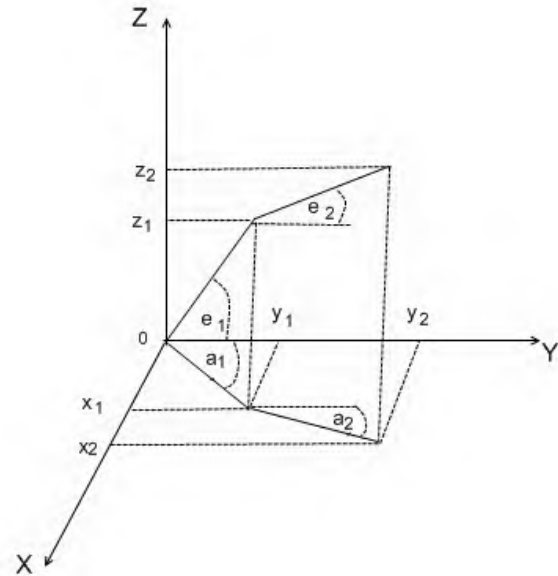


Рис.3. Модель траєкторії БПЛА

Положення БПЛА в просторі описується рівняннями:

$$x_{n+1} = x_n + \left(V_t^m \Delta t \right) \cos(e_m) \sin(a_m); \\ y_{n+1} = y_n + \left(V_t^m \Delta t \right) \cos(e_m) \cos(a_m) \quad (8) \\ z_{n+1} = z_n + \left(V_t^m \Delta t \right) \sin(e_m),$$

де T_t^m – значення поточного модельного часу, до якого на відріжку m траєкторії БПЛА швидкість, кут місця і азимут не змінюються;

V_t^m – швидкість БПЛА на відріжку траєкторії m ;

e_m – кут місця польоту БПЛА на відріжку траєкторії m ;

a_m – азимут польоту БПЛА на відріжку траєкторії m ;

Δt – крок зміни модельного часу.

На рис.3 БПЛА з точки 0 в точку з координатами (x_1, y_1, z_1) до значення поточного часу T_t^1 рухається із середньою швидкістю V_t^1 і заданими кутами e_1, a_1 з дискретним кроком Δt згідно з рівняннями (8).

Далі рух ракети триває аналогічно з новою швидкістю $V_{t_2}^2$ і кутами e_2 , α_2 в точку з координатами (x_2, y_2, z_2) до досягнення значення модельного часу $T_{t_2}^2$, і так далі.

Цей процес триває до досягнення значення модельного часу T_m .

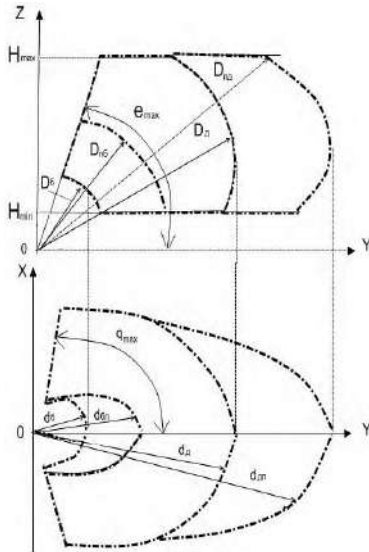


Рис.4. Зони ураження і пуску ЗРК

На рис.4 показані основні зони ураження і пуску ЗРК.

Визначимо основні ТТХ ЗРК, що враховуються в моделі [9–10]:

– дальність ураження (стрільби) – дальність, на якій ціль уражалася з ймовірністю не нижче за задану (розрізняють мінімальну і максимальну дальності);

– висота ураження (стрільби) – висота, на якій ціль уражалася з ймовірністю не нижче за задану (розрізняють мінімальну і максимальну висоти);

– ймовірність ураження цілі – ймовірність появи події, що полягає в нанесенні цілі збитку при стрільбі ЗУР, внаслідок чого ціль не в змозі виконати бойове завдання (ціль може бут ураженою при стрільбі однією або декількома ракетами, тому розглядають відповідну ймовірність ураження P_1 і P_n);

– цільовий канал – сукупність елементів ЗРК, що забезпечує одночасний супровід і обстріл однієї цілі;

– ракетний канал – сукупність елементів ЗРК, що забезпечують одночасно підготовку до старту, старт і наведення однієї ЗУР на ціль;

– робочий час ЗРК (час реакції) – інтервал часу від початку виявлення цілі до готовності ЗРК до пуску першої ракети, воно визначається часом, який витрачається на пошук і захоплення цілі і на підготовку початкових даних для стрільби;

– зона ураження комплексу – область простору,

в межах якої забезпечується ураження повітряної цілі ЗУР із заданою ймовірністю;

– зона пуску ракети – область простору, при знаходженні цілі в якій у момент пуску ракет забезпечується їх зустріч в зоні ураження ЗРК.

Основними характеристиками зон ураження ЗРК (рис.4) являються: горизонтальна (похила) дальність до далекої і ближньої меж d_δ (D_δ) і d_δ (D_δ), мінімальна і максимальна висоти H_{min} і H_{max} , граничний курсовий кут q_{max} і максимальний кут місця e_{max} .

Зону пуску (рис.4) визначимо з розрахунку того, що ЗУР досягне меж зони ураження в площині OZY за час

$$t_{znp} = \frac{D_\delta}{V_{зур}}, \quad (9)$$

де $V_{зур}$ – швидкість ЗУР.

Тоді, дальність, що визначає межу зони пуску, визначається як

$$D_{п\delta} = D_\delta + V_p t_{znp}. \quad (10)$$

Для площини OXY межа зони пуску визначається аналогічно.

Відмітимо, що точність визначення зони пуску порівнянна з точністю завдання траєкторії руху БПЛА.

Розглянемо модель РЛС. Дальність дії РЛС є однією з найважливіших характеристик, що визначає можливість виконання бойового завдання по виявленню, супроводженню і виміру координат цілі і визначається дальністю виявлення $L_{об}$. Виявлення цілі відбувається з деякою ймовірністю $P_{об}$. Задається мінімальне значення ЕПР цілей, які може виявити дана РЛС.

У рамках даної імітаційної моделі, урахування роботи РЛС зводиться до обчислення дальності до цілі. Якщо ЕПР цілі дозволяє її виявити РЛС, то методом жереба [11] визначається факт виявлення цілі.

Дамо вербальний опис роботи імітаційній моделі. Описується угруповання ЗРК шляхом завдання відповідних характеристик і визначення їх координат в системі прямокутних координат на місцевості.

Задаються траєкторії польоту БПЛА. Встановлюється граничний час моделювання T_m , а також дискретний крок зміни модельного часу Δt .

Задається число реалізацій моделі N (опосередковано впливає на точність роботи моделі). Обнуляються лічильники ураження в реалізаціях для кожного БПЛА:

$$S_1 = 0, S_2 = 0, \dots, S_n.$$

Процес проведення розвідки заданого району розвивається в часі. Для кожного кроку модельного часу Δt положення кожного БПЛА в просторі розглядається по черзі кожним ЗРК на предмет можливості почати прицілювання. Для цього, якщо відстань від ЗРК до БПЛА не перевищує дальності виявлення $L_{об}$, і ЕПР цілі відповідає ТТХ РЛС, методом жереба встановлюється факт виявлення БПЛА. Після встановлення факту виявлення фіксується час виявлення і робиться відмітка, що цей ЗРК узяв на супроводження цей БПЛА.

Надалі даний БПЛА вже не виступає як ціль для інших ЗРК. Тобто, в якійсь мірі реалізується процес управління розподілом цілей між ЗРК описаного у групування.

Після закінчення робочого часу, якщо БПЛА не вийшов із зони пуску, проводиться пуск. Залежно від числа ракетних каналів на цільовий канал обчислюється ймовірність ураження:

$$P_n = 1 - (1 - p_1)^k, \quad (11)$$

де k – число ракетних каналів на один цільовий.

Далі, по методу жереба встановлюється факт ураження цього i -го БПЛА в цій реалізації. У разі ураження лічильник числа ураження i -го БПЛА збільшується на одиницю:

$$S_i = S_i + 1. \quad (12)$$

Число одночасно супроводжуваних цілей ЗРК визначається числом його цільових каналів.

Кінець однієї реалізації визначається

досягненням поточного модельного часу значення T_m .

Після проведення заданих N реалізацій визначається оцінка ймовірності ураження кожного БПЛА. Для i -го БПЛА:

$$P_i = \frac{S_i}{N}. \quad (13)$$

Тоді для кожного i -го БПЛА ймовірність того, що його не буде уражено дорівнює

$$P_{нео_i} = 1 - P_i \quad (14)$$

У цій моделі “випадковість” закладена в реалізації встановлення факту виявлення БПЛА системою ППО, а також встановленні факту його ураження.

Висновки

У статті розглянуті аналітичні залежності, що відображають основні характеристики розвідувальних БПЛА. Наведено алгоритм імітаційної моделі подолання БПЛА системи ППО противника. Ця модель враховує траєкторії руху БПЛА і можливості ЗРК противника по ураженню повітряних цілей. В сукупності облік технічних можливостей БПЛА на основі наведених аналітичних залежностей поряд з оцінкою їх живучості в зоні дії ППО противника дозволяє обґрунтувати раціональний варіант проведення повітряної розвідки в заданому районі бойових дій.

Список літератури

1. Алімпієв А. М., Певцов Г. В. Особливості гібридної війни рф. Досвід, що отриманий Повітряними силами Збройних Сил України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. Вип. 2(27). С. 19–25.
2. Шамко Є. В., Жарик О. М., Коваль В. В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. Вип. 2(27). С. 15–18.
3. Жарик О.М. Досвід використання безпілотних авіаційних комплексів для виконання бойових (спеціальних) завдань в Арабо-Ізраїльських війнах та збройних конфліктах. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. Харків: ХУПС, 2013. Вип. 1(34). С. 5–15.
4. Вишневецький С. Д., Бейліс Л. В., Климченко В. Й. Потенційні можливості РЛС РТВ з виявлення оперативно-тактичних та тактичних безпілотних літальних апаратів. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. Вип. 2(27). С. 92–98.
5. Жирохов М. Війна дронів: як Україна впроваджує ударні безпілотники. 2019. URL: <https://mind.ua/openmind/20196145-vijna-droniv-ukraїna-vprovadzhuє-udarnі-bezpilotniki> (дата звернення 11.12.2019).
6. Кучеренко Ю. Ф., Науменко М. В., Кузнецова М. Ю. Аналіз досвіду застосування безпілотних літальних апаратів та визначення напрямку їх подальшого розвитку при веденні мережецентричних операцій. Системи озброєння і військова техніка. 2018. № 1(53). С. 25–30.
7. Лупандін В. А., Мегельбей Г. В., Мацько О. Й., Куртсеїтов Т. Л., Міроненко П. О. (2019). Основні тенденції створення та застосування груп безпілотних літальних апаратів. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. № 2(35). С. 88–96.
8. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. м.: Наука, 1988. 480 с.
9. Зимин Г. В. Справочник офицера противовоздушной обороны. 2-е изд., перераб. и доп. / Зимин Г. В., Бурмистров С. К., Букин Б. М. м.: Воениздат, 1987. 512 с.
10. Warren J. Boord, John B. Hoffman Air and Missile Defense Systems Engineering. 2016. 271 p.
11. Introduction to operations research / Frederick S. Hillier, ... Spreadsheets (McGraw-Hill/Irwin, 2000, co-authored by F. S. Hillier and M. S. Hillier.

Надійшла до редколегії 09.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:**Орлов Сергій Володимирович**

кандидат технічних наук
провідний науковий співробітник –
провідний інженер-випробувач
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3840-4089>

Симоненко Олександр Вікторович

кандидат технічних наук
науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8277-7005>

Ларін Володимир Валерійович

кандидат технічних наук доцент
начальник науково-організаційного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0771-2660>

Гордієнко Андрій Миколайович

кандидат військових наук
заступник начальника Державного
науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки з випробувань,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9606-2617>

Information about the authors:**Serhii Orlov**

PhD in Engineering
Leading Researcher –
leading test engineer
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3840-4089>

Oleksandr Simonenko

PhD in Engineering
Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8277-7005>

Volodymyr Larin

PhD in Engineering Associate Professor
Head of Scientific and Organizational Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0771-2660>

Andrii Hordiienko

Candidate of Military Sciences
Deputy Head of State Scientific
Research Institute of Armament
and Military Equipment
Testing and Certification on Testing,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9606-2617>

DETERMINATION OF THE MAIN CHARACTERISTICS AND FLIGHT CONDITIONS OF UNMANNED AIRCRAFT FOR THE CREATION OF A SIMULATION MODEL FOR OVERCOMING THE ENEMY'S AIR DEFENSE SYSTEM

S. Orlov, O. Simonenko, V. Larin, A. Hordiienko

The article considers the problem of modeling unmanned aerial vehicles to create a simulation model of overcoming the enemy's air defense system. The purpose of the article is to substantiate the methodology for evaluating the characteristics of the movement of unmanned aerial vehicles during aerial reconnaissance, the essence of which is the quantitative justification of a rational variant of conducting aerial reconnaissance taking into account the capabilities of the enemy's anti-aircraft missile complex and air defense system. Analytical dependencies reflecting the main characteristics of reconnaissance unmanned aerial vehicles are considered. In combination with the proposed simulation model of overcoming the enemy's air defense system by unmanned aerial vehicles, the specified dependencies make it possible to evaluate the effectiveness of the chosen aerial reconnaissance option and determine the necessary parameters of the movement of unmanned aerial vehicles. The above calculations are based on operations research methods.

Keywords: air defense system, anti-aircraft guided missiles, anti-aircraft missile complexes, unmanned aerial vehicles, aerial reconnaissance.

Т.В. Паращенко¹, М.Є. Заєць¹, Р.В. Василенко²

¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ СВІЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

У статті розглянуто типову структуру та основні характеристики світлотехнічного обладнання літальних апаратів авіації Збройних Сил України. Розглянуто етапи розвитку світлотехнічного обладнання літального апарату, основні типи існуючих джерел освітлення та їх особливості. Зазначено, що світлодіоди є одними з ключових приладів у сучасному технологічному суспільстві. Відзначено, що розвиток світлотехніки та успішне впровадження світлодіодів до світлотехнічного обладнання різного призначення дозволяють розглянути можливість їх застосування у якості основного джерела світла на літальних апаратах з метою покращення експлуатаційних характеристик. Обґрунтовано актуальність проведення досліджень, метою яких є удосконалення світлотехнічного обладнання літальних апаратів.

Ключові слова: світлотехнічне обладнання, лампа розжарювання, світлодіод, літальний апарат, світильник.

Вступ

Постановка проблеми. Розвиток авіаційної техніки безпосередньо пов'язаний з технічним прогресом. Успішне вирішення основних завдань авіацією Збройних Сил України може бути реалізоване тільки за наявності технічно досконалих літальних апаратів. На цьому шляху постає питання переходу до сучасних джерел світла на літальних апаратах.

Світлотехнічному обладнанню відводиться велика роль в забезпеченні експлуатації літальних апаратів та безпеки польотів, особливо в нічний час. Серед елементів електрообладнання літального апарату світлотехнічне обладнання являє собою достатньо велике електричне навантаження (5...20 % усієї потужності споживачів) [1, с. 163]. На сьогодні у системах світлотехнічного обладнання літальних апаратів найбільш використовуються лампи розжарювання, в яких нитка розжарювання (тугоплавкий провідник, спіраль зі сплаву вольфраму), розташована у скляному посуді з вакуумом або заповнена інертним газом, нагрівається до високої температури (температури світимості) за рахунок протікання через цю нитку електричного струму. Світлова віддача ламп розжарювання становить приблизно від 9 до 19 лм/Вт, яка поступово знижується приблизно на 15% при досягненні кінця строку служби [2, с. 205].

Останнім часом в системах освітлення різного призначення здійснюється широке впровадження надійних та енергоефективних світлодіодних джерел світла. Світлодіоди в теперішній час стали джерелами світла, що виробляються у промислових масштабах для різноманітних потреб [3].

Світлодіоди є одними з ключових приладів у сучасному технологічному суспільстві. На відміну від багатьох інших джерел світла, світлодіоди можуть перетворювати електричну енергію у світлову з коефіцієнтом корисної дії (ККД) близьким до одиниці. Очікується, що роль світлодіодів буде тільки зростати та в майбутньому вони стануть основним джерелом світла [4].

Отже, джерела світла, що використовуються в теперішній час на літальних апаратах авіації Збройних Сил України, морально застаріли та не відповідають рівню накопиченого науково-технічного потенціалу. Тому актуальними є дослідження, що спрямовані на впровадження світлодіодних технологій світла до світлотехнічного обладнання літальних апаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні дослідження в області розробки енергоефективних світлодіодних систем освітлення проводились з початку 1990-х років в основному в Японії та США [5–7]. За результатами цих досліджень були створені напівпровідникові джерела світла, що були здатні замінити лампи розжарювання у світлотехнічних виробках великого радіусу дії, серед яких бортові сигнальні та освітлювальні вогні. В теперішній час даний напрямок оптоелектроніки бурхливо розвивається. Починаючи з 2000 року щорічний приріст капіталовкладень в цю галузь постійно збільшувався та на 2006 рік досягнув 3 мільярдів доларів США. Впровадження світлодіодів у світлотехніку відбувається швидше, ніж у свій час впровадження транзисторів у радіоелектроніку [8]. Світлодіоди твердо зайняли своє місце у секторі монохромного освітлення, знайшовши застосування на об'єктах

промисловості та на засобах транспорту [9].

Мета статті – обґрунтування та визначення перспективних напрямів удосконалення бортового світлотехнічного обладнання літальних апаратів авіації Збройних Сил України.

Виклад основного матеріалу

Над стаціонарним освітлювальним обладнанням на літальних апаратах замислились з появою нагальної потреби виконання польотів в темний час доби. Наприклад. На літаку ТБ-1 (1925 рік) вже були застосовані дві посадкові фари та примітивне освітлення кабіни. Бортова електрична мережа на цьому літаку була напругою 12 В та живилась у польоті від динамо-машин, що розкручувалися потоком повітря. На землі для живлення освітлення використовувався бортовий свинцевий акумулятор [10].

На літаку И-16 (1933 рік) вже були встановлені кольорові навігаційні вогні на закінцівках площин крил. Для освітлення приладної дошки пілота використовувалися дві лампи розжарювання на 24 В потужністю по 5 Вт кожна [11].

Для забезпечення видимості написів, показань приладів та елементів комутації в той час широко стала застосовуватися світломаса постійного світіння на основі солей радія, в подальшому стали застосовувати світломасу тимчасової дії з постійною підсвіткою в польоті лампами ультрафіолетового випромінювання УФО, з невидимим для людського ока спектром світіння (наприклад, Ли-2, 1941 рік). Незважаючи на усі переваги такого рішення світломаса мала суттєвий недолік: вона викликала втомлюваність зору екіпажів при тривалих польотах, та навіть викликала зорові галюцинації. До того ж, радіація світломаси чинила шкідливий вплив на організм екіпажу. Тому у другій половині ХХ століття був виконаний ряд досліджень з метою покращення ергономічності робочих місць у літальних апаратах. Стало широко використовуватися місцеве освітлення, шкали та написи з підсвіткою, безтіньове червоне освітлення з плавним регулюванням яскравості освітлення (МиГ-21, 1956 рік) [11].

Світлотехнічне обладнання, яким обладнані сучасні літальні апарати, являє собою складну систему, яка налічує сотні ламп різних типів. Поява та розвиток принципово нових джерел освітлення, освоєння їх масового виробництва, несе потенційну можливість отримання нових рішень з покращеними характеристиками. В залежності від розташування (всередині або ззовні літального апарату), а також функціональних властивостей усе світлотехнічне обладнання поділяється відповідно на зовнішнє та внутрішнє, а також освітлювальне та сигнальне обладнання.

Зовнішнє світлотехнічне обладнання встановлюється на крилі, фюзеляжі, хвостовому оперенні та призначено для попередження зіткнення у повітрі та на землі, освітлення злітно-посадкової смуги та руліжної доріжки при зльоті, приземленні та рулінні аеродромом [12].

Відповідно літальні апарати зазвичай обладнуються наступним світлотехнічним обладнанням: аеронавігаційні вогні, злітно-посадкові вогні, пробліскові маяки, вогні сигналізації випущеного положення шасі, вогні польоту строєм.

Вогні зовнішньої світлової сигналізації з метою безпеки польотів забезпечують видимість та роздільність від інших джерел світла на заданих відстанях. Тому для них передбачені визначені кольоровість та характеристика розподілення сили світла в межах заданих кутів дії [13].

Аеронавігаційні вогні призначені для визначення положення літального апарату. З цією метою на закінцівках та у хвостовій частині літального апарату встановлені світильники, що мають світлофільтри відповідного кольору (на лівому кінці крила світильник має червоний світлофільтр, на правому – зелений). Розташування світильників та точне фокусування ламп дозволяють сторонньому спостерігачу в нічний час визначати просторове положення та напрямок руху літального апарату. Для кращої помітності в електричну схему бортових аеронавігаційних вогнів нерідко вносять елементи для отримання переривистого світіння (мигання) [14]. На літальних апаратах, що стоять на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України, у якості бортових аеронавігаційних вогнів широко застосовуються світильники типу БАНО-57, БАНО-62, БАНО-45, БАНО-64 з однобічними дзеркальними лампами СМЗ-28. У хвостових вогнях застосовуються світильники з білим світлофільтром ХС-39, ХС-57, ХС-62 з лампами типу СМ-28-10, СМ-22.

Злітно-посадкові вогні передбачені для освітлення злітно-посадкової полоси, руліжних доріжок при зльоті, посадці та рулінні літального апарату в нічних умовах. Вони складаються з посадкових, посадково-руліжних фар та можуть бути виконані як у єдиному блоці з однією або двома нитками розжарювання, так і у вигляді самостійних виробів. Як правило, вони монтуються у висувному каркасі з електроприводом, який дозволяє прибирати їх у обвід фюзеляжу або крила та висувати на фіксований кут при зльоті та посадці. Посадкові та руліжні фари не повинні засліплювати екіпаж відбиванням від землі, створювати лобовий опір у польоті, тому у ряді випадків руліжні фари фіксовано встановлюються на стійках шасі або всередині передньої кромки крила. Висувні фари

встановлюються під площинами крила, у бокових стінках мотогондоли або обтікачів шасі, або в нижній частині фюзеляжу під кабіною. У польоті такі фари прибираються за допомогою спеціального електромеханізму [14].

У якості джерела світла посадково-руліжних вогнів літальних апаратів, що перебувають на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України, використовується лампа-фара літакова типу ЛФСМ. Вона складається з відбивача та нитки розжарювання в єдиній зборці, на яку кріпиться кришка (лінза) з прозорого скла. Оскільки лампи мають велику світлову інтенсивність (до 45000 Люкс), час їх безперервної роботи обмежений, максимальне напрацювання складає приблизно 300 льотних годин або сумарно близько 9 годин світіння при додержанні вимог експлуатаційної документації.

Проблискові маяки призначені для позначення літального апарату у просторі для уникнення зіткнення літальних апаратів у повітрі та на землі при рульній по неосвітленому аеродромі. Вони являють собою світильники великої сили світла, які працюють у проблісковому режимі та забезпечують видимість літального апарату на віддаленні до 60–120 км в умовах ясної ночі. Перші зразки маяків випромінювали біле світло. Але при цьому виникав заважаючий ефект розсіювання при польоті у зоні опадів та у хмарах. Крім того, видимість маяка знижувалася при спостереженні на фоні міських вогнів. Тому усі сучасні маяки мають червоний світлофільтр, що усуває ці недоліки [15]. На літальних апаратах Повітряних Сил Збройних Сил України встановлені спеціальні маяки з червоним світлофільтром серії СИМ, МИС, МСЛ. Оскільки маяк повинен бути видимим у сфері, центром якої є літальний апарат, маяки встановлюються у хвостовій частині фюзеляжу: зверху на фюзеляжі або кілі та знизу під фюзеляжем. За нормами ІКАО частота проблісків світильників становить від 40 до 100 проблісків у хвилину. Маяки вмикаються до запуску авіаційних двигунів, працюють на протязі усього польоту та вимикається після зупинки двигунів [16].

Розрізняють дві групи маяків: обертового та імпульсного світла. У маяках обертового світла застосовуються лампи розжарювання з дзеркальним покриттям однієї половини. Таке покриття не пропускає промені з одного боку та підсилює випромінювання з іншого – видимого. В маяках з однією лампою розжарювання (ОСС-61) вона закріплена у патроні, який обертається електродвигуном через конічні колеса. Тому утворений лампою пучок світла при обертанні сприймається спостерігачем як пробліск. Маяк іншої групи (МСЛ-3) має дві дзеркальні лампи

розжарювання, що встановлені на платформі що обертається.

Імпульсні маяки відносяться до типу пробліскових, тобто таких, у яких тривалість пробліску менше тривалості затемнення. Імпульсний маяк (СМИ-2К) складається з двох вузлів: ламп та блоку керування ними, які встановлені окремо всередині фюзеляжу. Джерелом світла є газорозрядна лампа (типу ИФК-2000). Вона відноситься до фото освітлювальної групи таких ламп та являє собою трубку з тугоплавкого скла або кварцового, заповненого ксеноном. Для концентрації світіння трубка вигнута у формі латинської букви U. Електродом запалювання служить нікелева проволочка, що навита ззовні на трубку. Лампа закривається ковпаком, що служить також червоним світлофільтром, та закріплюється до корпусу імпульсного трансформатора. Дія маяка засновано на періодичному заряді конденсаторів від мережі змінного струму (через кремнієві діоди) та подальшому розряді на лампи. Черговість загоряння ламп регулюється мультивібратором, який знаходиться у блоці керування. Імпульсні маяки мають значну масу та габарити, тому застосовуються на важких літаках.

На ряді літальних апаратів (наприклад, Л-39) застосовуються сигнальні вогні випущеного положення шасі, які сигналізують наземному спостерігачу в нічний час про вихід стійок шасі. Вогні білого кольору, встановлені на стійках шасі, обернені у нижню півсферу, вмикаються разом з аеронавігаційними вогнями.

Вогні польоту строем призначені для встановлення зорового зв'язку, полегшення збору літальних апаратів у повітрі та додержання строю. Вогні не повинні бути видимі з землі, тому вони розташовуються на верхніх поверхнях крила та фюзеляжу, утворюючи букву Т. Спрямованість максимальної яскравості назад під кутом 35-40°. Видимість складає до 3 км. Світильники стройових вогнів обладнують світлофільтрами синього (ПССО-45) або жовтого кольору (ОПС-57) [17].

Авіаційні лампи розжарювання, що застосовуються у світильниках зовнішнього світлотехнічного обладнання на літальних апаратах авіації Збройних Сил України та їх основні технічні характеристики приведені у табл.1. З наведених у табл.1 характеристик, основним недоліком авіаційних ламп розжарювання є низька тривалість експлуатації до їх перегорання. Це обумовлено тим, що при світінні лампи відбувається випаровування вольфраму, інтенсивність якого тим більша, чим більший світловий потік. Також вони мають низьку світлову віддачу. Збільшення світлового потоку можливо досягти при збільшенні товщини нитки розжарювання, але при цьому збільшується і

температура в області нитки розжарювання, яка зараз досягає температури 1600 °С. Відомо, що 80 % енергії, що споживається лампою розжарювання, витрачається на нагрів нитки розжарювання, а

решта 20 % перетворюється у світло. Слід також відмітити низьку механічну міцність авіаційних ламп розжарювання, що також впливає на тривалість їх експлуатації.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики авіаційних ламп розжарювання

Тип джерела світла	Номинальні величини			Середній час напрацювання на відмову, год
	Напруга, В	Споживча потужність, Вт	Світловий потік, лк	
СМ-28-4,8	28	4,8	32	150
СМ-28-23	28	23	215	75
СМ-28-10	28	10	80	100
СМ-28-70	28	70	1000	75
СМ-24	28	20	264	100
СМ-28-60	28	60	1000	100
СМ-28-70	28	70	1000	75
ЛФСМ-28-450	28	450	35000	1,5
ЛФСМ-28-600	28	600	4500	5

Джерело: [18].

Отже, можна зробити висновок, що авіаційні лампи розжарювання, які традиційно використовуються на літальних апаратах авіації Збройних Сил України, досягли меж свого технологічного розвитку.

Сучасні тенденції розвитку світлотехніки характеризуються переходом на енергозберігаючі технології. Одним з напрямів цих тенденцій є освоєння виробництва нового світловипромінювача – світлодіода. Удосконалення світлотехнічного обладнання літальних апаратів можливо лише шляхом переходу до сучасних джерел світла, якими є світлодіоди. Застосування світлодіодів, де традиційно використовувалися лампи розжарювання, несе потенційну можливість покращити експлуатаційні та технічні характеристики світлотехнічного обладнання літальних апаратів.

Світлодіоди мають значно більший строк служби, ніж лампи розжарювання. Оцінка строку служби світлодіодів в нормальних режимах дає значення до 50 000 годин. Вони мають малі розміри, але частина електричної енергії (навіть при КПД порядку 80 %) йде на нагрів. Тому у конструкції світлодіодів використовуються корпуси, які забезпечують тепловідвід. Світлодіоди на відміну

від ламп розжарювання не перегорять, а поступово знижують свою ефективність. Строк служби визначається падінням інтенсивності випромінювання до 70 % від початкового значення.

Ще одна перевага світлодіодів – вібростійкість. В них немає нитки розжарювання, яка руйнується при вібраціях. Світлодіоди не містять у собі свинцю, ртуті та інших важких металів, що важливо для техніки безпеки. Не потребується спеціальна утилізація світлодіодів, що вийшли з ладу.

Лінзи та відбивачі світильників зі світлодіодами утворюють випромінювання у заданому тілесному куті (3 – 120 °). Це дозволяє ефективно використовувати світловий потік для освітлення потрібної частини простору чи поверхні.

Ще одна важлива відмінність світлодіодного освітлення – можливість керувати як інтенсивністю, так і спектром випромінювання. Можливо отримувати як “холодне” (тобто яскраве денне) світіння з корельованою кольоровою температурою (ККТ) близько 6000 К, так і “нейтральне” з ККТ близько 4000 К, а також “теплого” (тобто близького до ламп розжарювання) світіння з ККТ 3000 К.

Порівняльний аналіз світлодіодів та авіаційних ламп розжарювання у якості джерел світла наведений у табл.2.

Таблиця 2

Порівняння світлодіодів та авіаційних ламп розжарювання за основними характеристиками

Параметр порівняння	Світлодіоди	Лампи розжарювання
1	2	3
Ударостійкість	Стійки	Крихкі
Вологостійкість	Так	Ні
Енергоспоживання	Мале	Високе

Закінчення табл.2

1	2	3
Світлодідача	Висока	Низька
Можливість отримання кольорового світіння	Можливо	При використанні світлофільтра
Строк служби	До 50000 годин	До 150 годин
Залежність строку служби від кількості вмикань/вимикань	Низька	Висока
Теплове випромінювання	Низьке	Високе
Вартість	Середня	Низька
Експлуатаційні витрати	Низькі	Високі

Джерело: розроблено автором.

Таким чином, з наведених у табл.2 характеристик та їх порівняння, можна зробити висновок про те, що світлодіоди за рахунок тривалого строку служби, низького енергоспоживання, низького теплового випромінювання мають кращі характеристики у порівнянні з лампами розжарювання.

Висновки

Отже, світлодіодні технології підтвердили свої переваги та активно витісняють лампи розжарювання з усіх сфер застосування світло-

технічного обладнання. Необхідною умовою подальшого удосконалення бортового світло-технічного обладнання літальних апаратів є проведення поглиблених системних передпроектних воєнно-наукових досліджень для оцінки можливості функціонування систем бортового освітлення на основі світлодіодних джерел світла. Подальші дослідження і розробки повинні враховувати безумовну перспективність світлодіодних джерел світла для літальних апаратів авіації Збройних Сил України.

Список літератури

1. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: учеб. пособие для вузов / под ред. В. Г. Воробьева. м.: Транспорт, 1990. 296 с.
2. Электрооборудование воздушных судов: учеб. пособие для вузов / под ред. С. С. Решетова. м.: Транспорт, 1991. 296 с.
3. Антипенко Р. В., Руденко Н. Н., Силакова Т. Т. Эволюция светодиодов – от “холодного света” Лосева до освещения улиц. *Вісник Національного технічного університету України “КПІ”*. Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування. № 38, 2009. С.119–123.
4. Юнович А. Э. Светоизлучающие диоды как основа освещения будущего. *Светотехника*. № 3, 2000. С. 2–6.
5. Nakamura S., Fasol G. The blue Laser Diode. Berlin: Springer, 1999. 343 p.
6. Muthu S., Schuurmans F. J. P., Pashley M. D. Red Green and blue LEDs for white light illumination. *IEE J. Select. Topics Quantum Electron*, 2002. Vol. 8. P. 333–338.
7. Bogner G. White LED. *Proc. SPIE, Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing and Applications*. III. 1999. Vol. 3621. P. 143.
8. Гридин В. Н., Рыжиков И. В., Щербаков В. Н. Полупроводниковая лампа– источник освещения будущего. *Автоматизация в промышленности*, 2007. № 7. С.63–65.
9. Белей В. Ф., Харитонов М. С. Результаты экспериментальных исследований светодиодных ламп сетевого напряжения. *Промышленная энергетика*. 2012. № 9. С. 9–14.
10. Гагин В.В. Бомбардировщик конструкции А.Н. Туполева ТБ-1 (АНТ-4): Полиграф, 1995. 48 с.
11. История отечественной авиационной промышленности. Серийное самолетостроение, 1910 - 2010 гг. / под ред. Д. А. Соболева. м.: РУСАВИА, 2011. 432 с.
12. Светотехническое оборудование ЛА. URL: https://bstudy.net/836882/tehnika/svetotekhnicheskoe_oborudovanie.
13. AIRCRAFT LIGHTING SYSTEMS. URL: <https://www.flight-mechanic.com/aircraft-lighting-systems/>.
14. Внешнее светотехническое оборудование воздушных судов. URL: <https://www.fern-flower.org/ru/articles/vneshnee-svetotekhnicheskoe-oborudovanie-vozdushnyh-sudov>.
15. Внешнее светотехническое (светосигнальное) оборудование. URL: <https://vertol.com.ua/catalog/katalog-ati/ati-dlya-otechestvennyh-vs/sistemy-bortovogo-oborudovaniya/svetotekhnicheskoe-16>.
16. .Руководство по летной годности. Том II Сертификация конструкции и сохранение летной годности. (Doc 9760-AN/967) Издание второе. URL: <https://www.icao.int/isbn/list>.
17. Светотехническое оборудование летательных аппаратов. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1622107>.
18. Источники света самолетные. URL: http://sak.net.ua/ru/catalog/lightsignal/avia_lamps.

Надійшла до редколегії 26.01.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:**Парашенко Тимур Васильович**

доктор філософії провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9908-4408>

Заєць Микола Євгенович

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2669-7064>

Василенко Роман Вікторович

старший викладач
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7683-7526>

Information about the authors:**Tymur Parashchenko**

PhD Leading Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9908-4408>

Mykola Zaets

Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2669-7064>

Roman Vasylenko

Senior lecturer
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7683-7526>

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF IMPROVING THE LIGHTING EQUIPMENT OF AIRCRAFTS

T. Parashchenko, M. Zaets, R. Vasylenko

The development of aviation technology is directly related to technological progress. Taking this into account, the question of switching to modern light sources on aircraft arises. Lighting equipment plays an important role in ensuring the operation of aircraft and flight safety, especially at night. Among the elements of aircraft's electrical equipment, lighting equipment represents a fairly large electrical load (5.20 % of the total power of consumers). Today, incandescent lamps are most often used in aircraft lighting systems, in which an incandescent thread (a refractory conductor, a spiral made of tungsten alloy), located in a glass vessel with a vacuum or filled with an inert gas, is heated to a high temperature (luminosity temperature) due to the flow of electric current through this thread.

Recently, reliable and energy-efficient Light Emitting Diode (LED) light sources have been widely implemented in lighting systems for various purposes. Light diodes have now become light sources that are produced on an industrial scale for a variety of needs. LEDs are one of the key devices in today's technological society. Unlike many other light sources, LEDs can convert electrical energy into light with an efficiency close to unity. It is expected that the role of LEDs will only grow and in the future they will become the main source of light.

Consequently, the light sources currently used on aircraft of the Armed Forces of Ukraine are outdated and do not correspond to the level of accumulated scientific and technical potential. Therefore, research aimed at introducing LED light technologies to the lighting equipment of aircraft is relevant.

The article considers the typical structure and main characteristics of aircraft's lighting equipment of the Armed Forces of Ukraine. The stages of development of aircraft lighting equipment, the main types of existing lighting sources and their features are considered. It is noted that the development of lighting technology and the successful introduction of LEDs into lighting technology for various purposes allow us to consider the possibility of using them as the main light source on aircraft in order to improve operational characteristics. The relevance of conducting research aimed at improving the lighting equipment of aircraft is substantiated.

Keywords: lighting equipment, incandescent lamp, Light Emitting Diode, aircraft, lamp.

І.В. Прошин¹, Л.І. Матвеев²¹Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

ВПЛИВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ГІДРОСПОРУДАХ НА ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

У статті аналізується потенційний вплив наслідків надзвичайних ситуацій на гідропорудах на ведення бойових дій, зокрема, в умовах збройної агресії російської федерації. Також розглядаються питання використання гідротехнічних споруд у воєнних цілях.

В процесі дослідження проаналізовано загрози від можливого руйнування найбільших гідропоруд України, в тому числі з огляду на наявність радіоактивного мулу в Київському і Канівському водосховищах та атомну загрозу на Запорізькій АЕС. Розглянуто найпоширеніші і найпростіші способи умисного пошкодження гідропоруд, до яких вдаються задля стримування руху сил противника, ушкодження техніки, знищення живої сили та інших цілей. Сформульовано основні завдання інженерної гідротехніки задля розширення можливостей використання гідропоруд у воєнних цілях. У процесі дослідження були взяті до уваги напрацювання українських науковців, присвячені проблематиці надзвичайних аварій на гідропорудах.

Ключові слова: гідротехнічна споруда, гідровузол, зона затоплення, консистенція ґрунту, категорія прохідності, інфільтрація.

Вступ

Постановка проблеми. Значної актуальності набуло питання використання гідротехніки для військових цілей, а також можливий вплив руйнування гідропоруд на хід воєнних дій. Ці питання постали особливо гостро зважаючи на те, що руйнування агресором гідропоруд та використання ним гідротехніки у власних цілях, загрожує екологічною та гуманітарною катастрофами.

Як повідомив на засіданні уряду 14 лютого 2023 р. прем'єр-міністр України Денис Шмигаль [1]; "після часткового руйнування та зумисного відкриття росіянами шлюзів Каховської ГЕС щодня втрачаються тисячі кубометрів води, внаслідок чого близько 70 % населених пунктів, які отримують воду саме з Дніпра, можуть залишитися без доступу до питної води. У зв'язку із цим Україна закликає цивілізований світ усіма доступними засобами тиснути на росію, щоб вона закрила шлюзи та відновила гідротехнічні споруди на Каховській ГЕС, або ж дозволила це зробити українським фахівцям".

Ще більшою є атомна загроза. Зниження рівня води у Каховському водосховищі може призвести до неналежного функціонування систем охолодження Запорізької АЕС, що загрожує катастрофічними наслідками не лише Україні, а й Європі та світу загалом. Непередбачувані дії агресора можуть призвести до аварійних ситуацій і на інших гідропорудах України. Загроза цілеспрямованого ураження гідротехнічних споруд збройними силами

російської федерації залишається високою, адже протягом всього часу широкомасштабної агресії проти України, російська федерація порушує закони та звичаї війни. Зокрема, це злочини проти цивільного населення, руйнування критичної інфраструктури тощо. До того ж ворог може вдаватися не тільки до пошкодження споруд, а й використовувати їх технічні можливості для затоплення територій з метою зниження мобільності наших військ, які приводять до виникнення надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у вивчення наслідків надзвичайних ситуацій на гідропорудах, зокрема, їх впливу на ведення бойових дій, оцінки ймовірностей аварій на гідропорудах в результаті екстремальних явищ, зробили сучасні українські науковці Д. Стефанишин [2], Ю. Убайдулаєв та В. Бурбашин [3], Ю. Ляпичев. Водночас потребують додаткового дослідження факторів заболочування місцевості та штучного перезволоження ґрунтів зважаючи на те, що останнім часом актуальність вказаного питання значно зросла.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених вивченню факторів, що можуть спричинити аварії на гідропорудах, та потенційних наслідків таких аварій, необхідні додаткові дослідження щодо впливу таких надзвичайних ситуацій на результати ведення бойових дій. Також потребують додаткового дослідження параметри

негативного впливу руйнування гідротехнічних споруд на результати бойового застосування військ (сил) в операції (бойових діях).

Метою статті є дослідження впливу руйнування гідротехнічних споруд на хід воєнних дій, а також шляхи оптимізації використання гідроспоруд у воєнних цілях. Для досягнення поставленої мети розглянуто основні способи руйнувань гідроспоруд та їх наслідки, зокрема, заболочення місцевості та створення зон затоплення. Вивчено можливості подолання ділянок місцевості бойовою і транспортною технікою після затоплення із визначенням категорії прохідності за показником консистенції ґрунту. Також проаналізовано потенційні наслідки масштабних надзвичайних ситуацій у разі пошкодження найбільших гідротехнічних споруд України, що належать до водосховищ Дніпровського каскаду.

Виклад основного матеріалу

Досвід воєнних конфліктів свідчить, що створення штучних водних перешкод має значний вплив на хід бойових дій. Українські сили оборони активно використовували водні перешкоди для затримки противника, зокрема, на Київщині, Харківщині і Миколаївщині.

Існують доволі прості прийоми створення таких перешкод. Навіть невелика річка може бути перетворена на складнопрохідну перешкоду, якщо по її довжині через деяку відстань розташувати греблі, які підпіратимуть в ній воду. Греблі для створення таких водних загороджень застосовуються невисокі, з напором 2–3 м. Їх можна побудувати із місцевого матеріалу – землі, каміння, дерева).

Ще одним типом водної перешкоди є заболочування місцевості, що має на меті створення важкопрохідних для військ противника ділянок. Для утворення заболочування сприятливими є слабкі ґрунти, які швидко втрачають свою міцність у разі покриття шаром води близько 20 см. До таких ґрунтів належать, зокрема, торф'яна місцевість, деякі види лісної місцевості.

Заболочування в заплаві річки також можна створити за допомогою послідовного ряду невисоких гребель – дамб. З цією ж метою може бути використана існуюча осушувальна система. На магістральному осушувальному каналі і на осушувачах, які в нього впадають, споруджують дамби-перемички, що підпірають воду в каналі. Вода з каналів розливається тонким шаром по місцевості і заболочує смугу вздовж кожного каналу.

Окрім того, для заболочування можуть бути використані зрешувальні канали – за їх допомогою місцевість заливають шаром води близько 20 см.

Але найбільш сприятливими для створення заболочування є природні болота в заплавах рівнинних річок з невеликими ухилами. Легкопрохідне природне болото за допомогою підпору води в річці можна зробити дуже складнопрохідним.

Для утворення водної перешкоди можуть використовуватися водосховища, що споруджуються у верхів'ях річок. Водосховища створюються за допомогою водоутримувальних гребель – земляних, кам'яних, бетонних або залізобетонних. Іноді ці греблі мають дуже велику висоту. Греблі, що утворюють водосховища, мають зазвичай отвори різного призначення. Одні (водоскиди) служать для скидання з водосховища зайвої води, що не вміщається у водосховище. Інші (водовипуски) призначаються для подачі води на господарство, яке обслуговує водосховище. Треті отвори (водоспуски) служать для спорожнення водосховища, яке може знадобитися, наприклад, для ремонту греблі. Якщо через річку нижче від водосховища зведено переправу і відбувається форсування, то відкривши затвори греблі, можна створити на річці хвилю паводку, яка знесе переправи разом з людьми та технікою, що на них перебувають. У деяких випадках, наприклад, якщо розміри отворів греблі недостатні для одночасного скидання великої кількості води, греблю підривають.

Зруйнувати водозахисну дамбу або земляну греблю нескладно. Для цього достатньо в двох або трьох місцях по довжині дамби прокопати невеликі канали в її гребінці, так, щоб вода по цих каналах почала переливатися через дамбу. Спрямовуючи вниз відносно крутому низовому укосу греблі, вода швидко збільшує розміри прокопу [3]. Через деякий час дамба може бути зруйнована вщент. При терміновій організації затоплення, коли потрібна майже миттєва руйнація дамби на великому фронті, застосовують вибухові речовини.

Безперечно, гідротехнічні споруди належать до числа найбільш потенційно небезпечних техногенних об'єктів, оскільки їх руйнування може привести до загибелі людей, забруднення довкілля та інших незворотних катастрофічних наслідків [4].

Хоча протягом останнього століття частота аварій на гідроспорудах, особливо з катастрофічними наслідками, зменшились [5]. Значну актуальність має завчасне вивчення можливих наслідків зруйнування гідровузлів, зокрема тих, які безпосередньо впливають на умови ведення бойових дій і їх інженерну підтримку. До таких наслідків насамперед відноситься утворення зон затоплення і заболочування нижче зруйнованого гідровузла, а також оголення ґрунтів дна водоймища. Величезні маси води, що звільняються

при зруйнуванні споруд напірного фронту гідровузла з водосховища спрямовуються в нижній б'єф, призводячи до різкої зміни глибини та ширини ріки, а також швидкості течії води. Затоплення низинних ділянок річкової долини, у першу чергу заплави ріки, може на певний час перетворити вузьку водну перешкоду в широку і важкоздоланну. Нижче гідровузла можуть виявитися зруйнованими мости, переправи, дороги і населені пункти. Ділянки місцевості, що потрапили під тимчасове затоплення, стануть важкоздоланими для бойової і транспортної техніки. При спорожнюванні водоймища оголяться замулені розмоклі ґрунти його дна і берегів, що ускладнює умови входу і виходу переправно-десантних машин [3].

Як вже зазначалось, різка і раптова зміна існуючого водного режиму річки може бути здійснена не тільки руйнуванням гідровузла, але і відкриттям затворів його водоскидних споруд, перекриттям рік навалом ґрунту, вибухом боеприпасу над водоймищем тощо. Зокрема, внаслідок вибуху великого заряду вибухової речовини, розташованих у березі або руслі ріки, може бути утворений навал ґрунту, достатній для перекриття русла і частково долини навіть широкої ріки. Вище навалу за відносно короткі строки (кілька днів), а в деяких випадках годин, утвориться водосховище довжиною в декілька кілометрів. Нижче навалу ріка швидко міліє, оголюються броди і річкові перекати. До речі, аналогічна картина відбувається в нижньому б'єфі гідровузлів при закритті їх водоскидних отворів.

Варто враховувати, що далеко не в усіх

випадках обміління водної перешкоди призводить до полегшення умов її подолання. Складний характер рельєфу дна і слабкі ґрунти можуть утруднити подолання водної перешкоди по утворених бродах. Після наповнення водосховища до гребеня навалу почнеться переливання води у нижній б'єф з розмивом тимчасової перемички. При прориві навалу потік води переповнює обміліле русло і, вийшовши за його межі, затоплює дно долини.

При оцінці імовірності, доцільності та ефективності раптової зміни режиму водних перешкод необхідно враховувати: насиченість оперативного напрямку гідротехнічними спорудами; наслідки, які можуть викликати зруйнування гідровузлів у всіх їх аспектах; можливість нанесення удару по гідротехнічних спорудах, водних перешкодах. В останньому випадку потрібно зважати на можливість нанесення удару по великих населених пунктах і, як наслідок, з ймовірним перекриттям русла ріки. Також слід проаналізувати можливі наслідки підриву вибухової речовини, розміщеної у руслі або крутому березі ріки.

Розглянемо умови подолання ділянок місцевості після їхнього затоплення. Ділянки місцевості, що потрапили під затоплення, перезвожуються в результаті проникання води з поверхні в товщу ґрунтів. Перезвоження ґрунтів супроводжується зниженням їхньої несучої здатності. Умови подолання бойовою та транспортною технікою ділянок місцевості з перезвоженими ґрунтами в залежності від їхнього стану можуть бути оцінені за даними табл.1 і 2.

Таблиця 1

Категорія прохідності в залежності від стану ґрунтів

Стан ґрунтів		Категорія прохідності		
консистенція ґрунтів	показник консистенції ґрунтів, В	колісні машини		гусеничні машини
		з нормальним тиском у шинах	з регульованим тиском у шинах	
Тверда	$B < 0$	I	I	I
Напівтверда	$0 < B < 0,25$	II	I	I
Тугопластична	$0,25 < B < 0,50$	III	I	I
М'якопластична	$0,50 < B < 0,75$	IV	II-III	II
Текучопластична	$0,75 < B < 1$	V	IV-V	III
Текуча	$B > 1$	V	V	IV-V

Джерело: [3].

Таблиця 2

Умови руху бойових і транспортних машин поза дорогами в залежності від категорії прохідності

Категорія прохідності	Передача, використовувана при русі	Характеристика прохідності	Умови руху машин по одному сліду
I	IV	Гарна	Колонний рух машин
II	IV-III	Задовільна	Груповий рух машин
III	III- II	Ускладнена	Одиночний рух машин
IV	II-I	Незадовільна	Окремі проходи машин
V	-	Рух неможливий	Рух неможливий

Джерело: [3].

Як видно з табл.1, стан ґрунтів характеризується величиною показника консистенції B , що обчислюється за формулою:

$$B = \frac{W - W_p}{M_N},$$

де W – природна вагова вологість ґрунту, %;

W_p – вологість ґрунту на границі розкочування, що відповідає переходу ґрунту з пластичного стану у твердий, %;

M_n – число пластичності ґрунту, що є основною класифікаційною ознакою ґрунтів (табл.3).

При $B > 1$ ґрунти знаходяться в текучому стані, а при $B < 0$ – у твердому. Проміжні значення показника консистенції $1 \geq B \geq 0$ характеризують ступінь пластичності ґрунтів.

З табл.1 і 2 видно, що зі збільшенням вологості ґрунтів ускладнюються умови подолання їх спеціальними і транспортними машинами. Так, при повному водонасиченні ґрунтів, коли вони переходять у текучий стан, рух колісних машин практично виключається, а гусеничних – сильно обмежується. При цьому мається на увазі, що ґрунти

перезволені на глибину більшу, ніж величина дорожнього просвіту (кліренсу) машин. При тривалому затопленні ділянок місцевості, наприклад при створенні пасивних затоплень, ґрунти, як правило, насичуються водою на всю глибину зони аерації (поверхневу товщу ґрунтів вище рівня ґрунтових вод). При тимчасовому затопленні, наприклад при затопленні заплави рік у період проходження хвилі прориву, ґрунти можуть бути перезволені на глибину меншу, чим потужність зони аерації. Глибина промочування ґрунтів при тимчасовому затопленні визначається розрахунком. Після сходу води із затоплених ділянок, ґрунти поступово осушуються, у результаті чого умови подолання їх спеціальною і транспортною технікою поліпшуються. Таким чином, умови подолання ділянок місцевості, що підпали під затоплення, можуть бути оцінені на основі розрахунку процесів промочування й осушення ґрунтів з використанням даних табл.1–3.

Таблиця 3

Класифікація ґрунтів за числом пластичності

Найменування ґрунтів	Число пластичності
Пісок	$M_N < 1$
Супісок	$1 \leq M_N \leq 7$
Суглинок	$7 < M_N \leq 17$
Глина	$M_N > 17$

Джерело: [3].

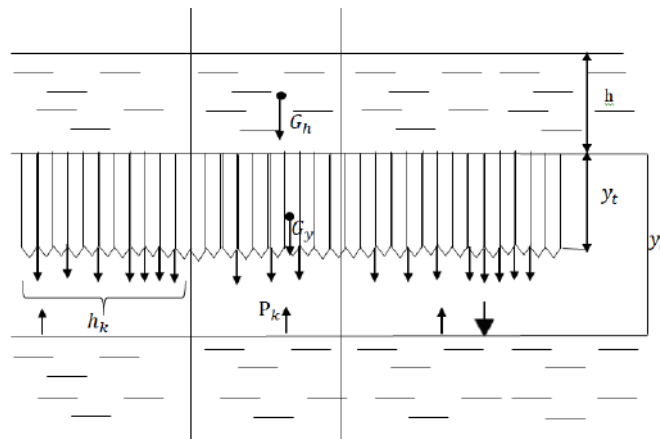
При затопленні ділянки місцевості поверхнева вода, заповнюючи порожнини ґрунтів, проникає під їхню товщу і рухається вниз, до рівня ґрунтових вод. Це явище називається промочуванням ґрунтів чи інфільтрацією. Для аналізу сил, що діють у процесі промочування ґрунтів, на затопленій ділянці виділимо стовп і руїну площею $F=1\text{м}^2$ разом із шаром води, що знаходиться на його поверхні, промочування однорідного за профілем ґрунту

відбувається під дією наступних сил (рис.1):

сили ваги G , рівній вазі стовпа води h , що знаходиться на поверхні ґрунту ($G_h = \gamma h$);

сили ваги G_y , рівній вазі стовпа води, що просочилася на глибину y , за час t ($G_y = \gamma y$);

всмоктувальної сили капілярних менісків ($p_k = \gamma h_k$), де γ – питома вага води, $h_k \approx 0,67 H_k$ (де H_k – гранична висота капілярного підняття води в ґрунтах).

Рис.1. Схема сил, що діють в процесі промочування ґрунтів на глибину y , [3]

Джерело: [3].

Швидкість промочування відповідно до закону Дарсі (залежність коефіцієнта фільтрації від фізичних властивостей ґрунту) визначається залежністю

$$u = kI = k \frac{h + y_t + h_k}{y_t},$$

де k – коефіцієнт фільтрації ґрунтів (м/доб, м/год);

I – гідравлічний ухил;

h – вага стовпа води;

y_t – глибина просочення.

Безперечно, на даний час зберігаються високі ризики виникнення надзвичайних ситуацій воєнного характеру. Це надзвичайні ситуації, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, транспортних та інженерних комунікацій тощо [6]. Особливу небезпеку становлять надзвичайні ситуації воєнного характеру на найбільших в

Україні гідропоруках.

На території України зведено близько 1000 водоймищ з обсягом більш 1 млн. м³ і площею дзеркала більше 1 млн. га. та 24 000, ставків, озер, зведено близько 200 великих гребель. Більшість гребель земляні (з місцевих матеріалів чи наливні). Тільки за останні 30 років в Україні зведено 7 великих каналів довжиною майже 2000 км з подачею на них більш 1000 м³ води за секунду, 10 великих водоводів великого діаметра, по яких вода подається в маловодні регіони України [7].

До сьогодні на імовірних оперативних напрямках експлуатується і будується велика кількість водопідпірних гідротехнічних споруд з ємними водосховищами. В Україні нараховується сім великих водосховищ (табл.4). З них шість належить до Дніпровського каскаду, що регулюють стік р. Дніпра, а також Дністровське на р. Дністер. До складу Дніпровського каскаду входять: Київське, Канівське, Кременчуцьке, Кам'янське, Дніпровське та Каховське водосховища. Сумарний об'єм водосховищ каскаду – 43,7 млрд. м³. Дністровське водосховище має повний об'єм 31 млн. м³.

Таблиця 4

Основні характеристики великих водосховищ

Водосховище	Рік введення в експлуатацію	Відмітка НІР, м.	Повний об'єм, млрд. м ³	Площа дзеркала при НІР, тис. га
Київське	1965	103,0	3,7	92,2
Канівське	1974	91,5	2,5	58,1
Кременчуцьке	1961	81,0	13,5	225,0
Кам'янське	1964	64,0	2,5	56,7
Дніпровське	1932, 1951	51,4	3,3	41,0
Каховське	1956	16,0	18,2	21,0
Дністровське		121,0	3,0	14,2

Джерело: [3].

У європейських засобах масової інформації Київську ГЕС називають одним із найнебезпечніших гідротехнічних об'єктів світу. Київський гідровузол складається із будівлі ГЕС, греблі, судноплавного шлюзу і земляної дамби. Гребля Київської ГЕС є комбінованою – бетонно-гравітаційною та ґрунтовою, її довжина становить 42,3 км, ширина – 50 м, висота – 10 м, пропускна здатність – 12500 м³/с. За даними Міжнародної комісії з великих гребель (ICOLD) практично немає країни з розвиненим греблебудуванням, в якій не відбувалися аварії на річкових гідропоруках [8], після 40–50 років експлуатації греблі значно зростає ймовірність її пошкодження та аварії. Київську ГЕС було побудовано у 1964 р., тобто період експлуатації на сьогодні становить 59 років. Особливість греблі Київської ГЕС полягає в тому, що вона утримує 90 млн. тонн радіоактивного мулу. Ситуація погіршується ще й тим, що в Дніпровському каскаді крім Київської ГЕС є ще 5

гребель. У разі аварії в зону ризику потрапляють 17 наземних атомних реакторів. Тобто якщо постраждає гребля Київської ГЕС, на Україну може ринути “радіоактивне цунамі”, наслідки якого взагалі важко передбачити.

З руйнуванням греблі Київського водосховища (табл.5) руйнується гребля Канівської ГЕС. Весь проривний паводковий потік затримається в Кременчуцькому водосховищі без руйнування греблі, піднімаючи рівень води при цьому на 2,1 м, і може викликати затоплення частини території Чернігівської, Київської, Черкаської та Кіровоградської областей.

При повному чи, навіть, частковому руйнуванні греблі утворюється хвиля попуску, яка розповсюджується зі швидкістю 50 – 70 км/год з висотою хвилі в лобовій частині до 10 – 12 м і може досягти Канівської ГЕС за 4 год, а греблі Кременчуцької ГЕС – за 31 год. [8].

Таблиця 5

Характеристика можливих зон затоплення [3]

Найменування водосховища	Довжина, км	Ширина, км	Висота хвилі, м	Середня швидкість течії, м/с	Тривалість затоплення, год
Київське	130	1 – 14	9 – 11	1 – 2	46
Канівське	48	0,9 – 14	3 – 4,5	1 – 2	39
Кременчуцьке	280	2 – 30	6 – 15	2 – 10	89
Дніпровське	240	3 – 24	5 – 23	0,4 – 3	53
Каховське	64	3 – 16	5 – 8	2 – 7	165

Джерело: [3].

Руйнування Кременчуцького гідровузла може мати найважчі наслідки. За рахунок переповнення водосховища та переливу води через греблю, або у разі її руйнування іншим способом, водний потік зруйнує Кам'янський гідровузл.

Вся маса води з 2-х водосховищ підходить до Дніпрогесу, порушується стійкість греблі, відбувається її руйнування. Маса води при цьому прямує вниз, переповнює Каховське водосховище і, в результаті переливу води, руйнується Каховська гребля. При цьому можливе затоплення частини території Кіровоградської, Полтавської, Дніпропетровської та інших областей.

У випадку руйнування Кам'янської греблі відбувається переповнення озера Самарська затока і, внаслідок втрати стійкості, руйнується Дніпрогес. Проривний паводок затримується у Каховському водосховищі без руйнування греблі, викликаючи при цьому затоплення частини Дніпропетровської та інших областей.

Слід враховувати, що в умовах застосування сучасних засобів ураження, а також у разі здійснення терористичного акту, можливе утворення проломів в напірному фронті гідровузлів значно більших розмірів, чим це мало місце під час другої світової війни або в катастрофах на греблях останнього часу. У зв'язку з цим і розміри затоплень, що утворюються, і характер руйнувань населених пунктів, промислових центрів, ліній електропередач, доріг і інших інженерних споруд можуть бути значно більшими. Крім того, слід брати до уваги, що окремі великі гідровузли відіграють значну роль в економічному потенціалі нашої держави і можуть розглядатися як самостійні цілі ураження [3].

Тому затоплення, що утворюються при руйнуванні таких гідровузлів, будуть супутнім фактором, в основі ж будуть лежати питання виведення з ладу джерел електроенергії з метою підживу економіки.

З огляду на актуальність використання гідроспоруд у воєнних цілях, можна сформулювати наступні завдання інженерної гідротехніки:

– вивчення характеру гідрографічної мережі,

гідрологічного режиму рік і способу його штучної зміни в потрібному напрямку;

– вивчення гідротехнічних споруд господарського призначення, які можуть бути використані в інтересах забезпечення воєнних дій, а також створення гідротехнічних споруд спеціального призначення;

– вивчення характеру впливу сучасних засобів ураження на гідротехнічні споруди і водні перешкоди;

– вивчення способів створення водних загороджень, методів їхнього розрахунку, прогнозування і оцінки ефективності.

З огляду на все вищезазначене, можна сформулювати наступні завдання інженерної гідротехніки:

– вивчення характеру гідрографічної мережі, гідрологічного режиму рік і способу його штучної зміни в потрібному напрямку;

– вивчення гідротехнічних споруд господарського призначення, які можуть бути використані в інтересах забезпечення воєнних дій, а також створення гідротехнічних споруд спеціального призначення;

– вивчення характеру впливу сучасних засобів ураження на гідротехнічні споруди і водні перешкоди;

– вивчення способів створення водних загороджень, методів їхнього розрахунку, прогнозування і оцінки ефективності.

Висновки

Таким чином військові дії на території України спричиняють загрози виникнення аварійних ситуацій техногенного характеру, заподіяних діями окупантів. Одну з найбільших загроз становить виникнення надзвичайних ситуації на гідроспорудах, оскільки вони можуть призвести до катастрофічних наслідків для населення, господарських об'єктів та довкілля. Зокрема, у зв'язку з неконтрольованим скидом води на Каховській ГЕС, рівень води у водосховищі стрімко знижується. Це може залишити без доступу до питної води значну частину населення та негативно

вплинути на технічні процеси на Запорізькій атомній електростанції.

Особлива увага має приділятися запобіганню надзвичайних ситуацій на гідроспорудах водосховищ Дніпровського каскаду. Руйнування дамби одного з них може призвести до руйнування інших споруд, що знаходяться нижче за течією, – за “принципом доміно” [9]. Окрім власне небезпеки затоплення значних територій, велику загрозу являє радіоактивний мул на дні Київського та Канівського водосховищ.

Водночас, потребують подальшого вивчення питання застосування гідроспоруд у воєнних цілях, зокрема вивчення способів створення водних загороджень, їх удосконалення, створення гідроспоруд спеціального призначення, мінімізації негативного впливу такого застосування гідроспоруд на навколишнє середовище.

Як напрямок подальших досліджень може бути удосконалення методики оцінювання параметрів хвиль прориву та попуску.

Список літератури

1. Урядовий портал Денис Шмигаль закликав міжнародних партнерів тиснути на росію, аби вона відновила гідротехнічні споруди Каховської ГЕС. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/>.
2. Стефанишин. Д. В. Досвід і перспективи імовірнісного аналізу надійності й безпеки гідротехнічних споруд ГЕС і ГАЕС. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Сер.: Технічні науки. 2013. Вип. 2(62). С. 108–122.
3. Локалізація та ліквідація надзвичайних ситуацій на гідротехнічних спорудах: навч. посіб. / О.Й. Мацько, Ю.Н. Убайдулаєв, В.В. Барбашин, І.О. Толкунов. Х.: НУЦЗУ, 2012. 112 с.
4. Гидротехнические сооружения: учебное пособие / И. И. Кириенко, Ю. А. Химерик. К.: Вища школа, 1987. 154 с.
5. Стефанишин. Д. В. Статистичні оцінки аварійності гребель. *Вісник НУВГП. Збірник наукових праць*. Вип. 3(35). Рівне: НУВГП, 2006. С. 111–117.
6. Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій: Постанова Кабінету Міністрів України від 15 липня 1998 р. № 1099.
7. Стан технічної та природної безпеки в Україні у 2001 році Міністерство з питань НС та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи: довідник. Київ: НАН України, 2002 рік. 75 с.
8. Dam failures — statistical analysis. Bull. No. 99. ICOLD. Paris. 1995. 73 с.
9. Екологія права людини Війна підвищує ризики надзвичайних ситуацій на ГЕС URL: <http://epl.org.ua/announces/vijna-pidvyshhuje-ryzyku-nadzvyčajnyh-sytuatsij-na-ges/>.

Надійшла до редколегії 05.03.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Прошин Ігор Вікторович

Національний університет оборони України
ім. І. Черняхівського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6686-5603>

Матвєєв Леонід Іванович

начальник науково-дослідного управління
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Кам'янець-Подільський, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4685-1372>

Information about the authors:

Ihor Proshchyn

The National Defence University of Ukraine
named after Ivan Chemiakhovskiy,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6686-5603>

Leonid Matvieiev

Head of Scientific Research Office
of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Kamyansky-Podilsky, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4685-1372>

INFLUENCE OF EMERGENCY SITUATIONS ON HYDRAULIC STRUCTURES FOR CONDUCTING HOSTILITIES

I. Proshchyn, L. Matvieiev

The article analyzes the potential impact of the consequences of emergency situations on hydraulic structures on hostilities, in particular, in the conditions of armed aggression of the Russian Federation. The issues of using hydraulic structures for military purposes are also considered.

The study analyzes threats from the possible destruction of the largest hydraulic structures of Ukraine, considering the presence of radioactive sludge in the Kiev and Kaniv reservoirs and the nuclear threat at the Zaporizhzhia NPP. The most common and simplest methods of intentional damage to hydraulic structures, which are used to restrain the movement of enemy forces, damage equipment, destroy manpower and other purposes are considered. The main tasks of hydraulic engineering aimed at expanding the possibilities of using hydraulic structures for military purposes have been formulated. In the course of the study, Ukrainian scientists were taken into account on the issues of emergency accidents at hydraulic structures.

Keywords: hydraulic structure, hydraulic container, flooding zone, soil consistency, patency category, infiltration.

А.І. Собора, В.А. Жирний, І.І. Лепеха

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

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СТАДІЇ “ВИКОРИСТАННЯ” ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОВТ В УМОВАХ ВІЙНИ

Стаття присвячена проблемі удосконаленні стадії “використання” життєвого циклу озброєння та військової техніки на етапі використання виробу (експлуатації), за рахунок збільшення моторесурсу та міжремонтного терміну експлуатації в умовах війни.

В основу продовження тривалості життєвого циклу пропонується застосування у системі технічного обслуговування методу проведення діагностування на всіх його етапах. Досягнення високого рівня бойової готовності обслуговування озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) за рахунок проведення своєчасного та якісного технічного обслуговування на сучасному рівні.

Ключові слова: озброєння та військова техніка, життєвий цикл, стадія використання, діагностика.

Вступ

Постановка проблеми. Сутність проблеми удосконаленні стадії “використання” життєвого циклу озброєння та військової техніки на етапі використання виробу (експлуатації) полягає в пошуках більш ефективних форм і методів технічного обслуговування ОВТ під час інтенсивного використання в умовах ведення війни Збройних Сил України проти військ російських федерації. Існуюча система технічного обслуговування не повною мірою забезпечує відповідний рівень бойової готовності підрозділів під час ведення бойових дій. Невідповідність нормативно-правових документів, визначених в наказах Міністерства оборони України, Головнокомандувача Збройних Сил України (далі ЗС України), директивах та методичних посібниках, негативно впливає на продовження тривалості стадії “використання” життєвого циклу ОВТ в ході проведення операцій. Як результат – передчасний вихід ОВТ з ладу, що знижує рівень бойової готовності підрозділів.

Враховуючи досвід експлуатації ОВТ з 2014 по 2021 рік під час виконання завдань підрозділами ЗС України в зоні АТО, ООС найбільш поширеними несправностями, згідно донесень від військових частин були:

- вихід з ладу двигуна та систем, що забезпечують його функціонування (охолодження, змащення, живлення паливом та повітрям) – 60 %;
- блоків систем управління вогнем – 45 %;
- електроспецобладнання – 35 %;
- ходової частини – 25 %.

Більшості відмов та несправностей можливо було б запобігти за наявності дієвої системи діагностування бронетанкової та автомобільної техніки (далі БТ АТ) на найбільш ранніх стадіях. Як

приклади:

– пиловий знос двигуна 5ТДФ(М) танку Т-64 та його модифікацій внаслідок відсутності датчика (сигналізатора) забрудненості повітроочисника. Особливо це було актуально під час експлуатації танків по польовим дорогам Луганської та Донецької областей з високим рівнем запиленості при тривалій відсутності опадів. В результаті здійснення тривалих маршів своїм ходом з початком АТО, несвоєчасним технічним обслуговуванням в умовах ведення бойових дій фіксувалися масові виходи двигунів з ладу;

– система живлення двигуна паливом – у переважній більшості систем ОВТ відсутні датчики (сигналізатори) щодо наявності води чи інших домішок у пальному, ступені забрудненості паливних фільтрів. Результат – передчасний вихід з ладу паливних насосів та форсунок, що потребує значних матеріальних затрат, залучення спецобладнання та висококваліфікованих фахівців;

– блоки систем управління вогнем озброєння не мають функції самодіагностування. Наявні штатні засоби обслуговування і ремонту військової ланки також не здійснюють діагностування, що у свою чергу призводить до тривалого перебування зразка у ремонті та потребує значних коштів.

Виходячи із наведених результатів досліджень актуальним стає питання розробка науково-методичного апарату щодо комплексного вирішення питання підтримання ОВТ в постійній бойовій готовності в ході ведення бойових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений системний аналіз життєвого циклу ОВТ в стадії інтенсивного використання в умовах війни проти російських фашистів, виявив існуючі невідповідності в нормативно-правовій базі – Керівництво з організації експлуатації

бронетанкового озброєння та техніки у Збройних Силах України в мирний час, затвердженого наказом Міністра оборони України від 25 грудня 2009 року № 665, враховує умови експлуатації ОБТ лише у мирний час. Для особливого періоду та військового часу вимоги щодо технічного обслуговування та ремонту втрачають свою актуальність.

Відставання темпів розвитку засобів обслуговування ОБТ в умовах надкритично інтенсивних умов експлуатації ОБТ (бездоріжжя, підвищена запиленість повітря, вихід з-під обстрілів противника, невідповідність паливо-мастильних матеріалів, своєчасність та якість технічного обслуговування).

Мета статті – оцінка проблемних питань та шляхів їх вирішення щодо удосконалення стадії “використання” життєвого циклу ОБТ в умовах війни.

Виклад основного матеріалу

З вище викладеного постає питання: якими формами, методами ми зможемо визначитись з більш ефективним підходом до вирішення проблеми продовження тривалості життєвого циклу в стадії “використання” в упередженні від можливого виходу з ладу. Вирішення даної проблеми можливе за рахунок застосування в системі технічного обслуговування методу проведення діагностики на всіх етапах життєвого циклу. Використання та застосування новітніх підходів до обслуговування ОБТ, а саме:

- проведення самодіагностики блоків, вузлів, систем ОБТ – за рахунок вбудованих датчиків та показчиків;
- проведення діагностики ОБТ силами і засобами відділення технічного обслуговування підрозділу;
- проведення діагностики ОБТ силами і засобами ремонтно-відновлювального батальйону військової частини;
- проведення діагностики ОБТ силами і засобами старшого начальника (ремонтно-відновлювальним полком оперативного

підпорядкування, базами, підприємствами МО України).

Застосування сучасного методу діагностики надасть можливість на ранніх стадіях виявити, спрогнозувати чи упереджувати несправність ОБТ, і, таким чином, зменшити затрати на проведення відповідних заходів обслуговування та ремонту в умовах обмеження часу.

Беручи за основу проведення діагностики сучасні сили і засоби обслуговування об’єкта на стадії його використання, пропонується розглянути наступні напрямки застосування:

- а) на етапі початку експлуатації ОБТ у військової частині;
- б) на етапі експлуатації ОБТ в умовах інтенсивного використання та обмеженого часу на обслуговування;
- в) залучення сил і засобів, застосування напрацьованих в умовах бойових дій новітніх методик при проведенні різних видів обслуговування та ремонту,

На першому етапі (пункт “а”) проводиться діагностика всіх систем, підсистем, блоків, агрегатів на предмет стану і відповідності бойових характеристик визначеним технічними умовами, та заносяться в базу даних. Занесені в базу даних результати в подальшому можуть використовуватися для проведення порівнянь. Проведені порівняння визначають конкретний стан об’єкта.

На стадії “використання” життєвого циклу ОБТ проводяться планово упереджені обстеження силами і засобами діагностики. За результатами даних обстежень визначається істинний стан ОБТ та приймається рішення щодо проведення відновлювальних робіт.

На етапі застосування виробу ОБТ за призначенням враховується, які сили і засоби потрібні при забезпеченні ремонту і обслуговування.

На рис.1 представлена структура технічного обслуговування, яка дозволяє проведення технічного обслуговування або ремонт в короткі терміни без зниження бойової готовності підрозділу.

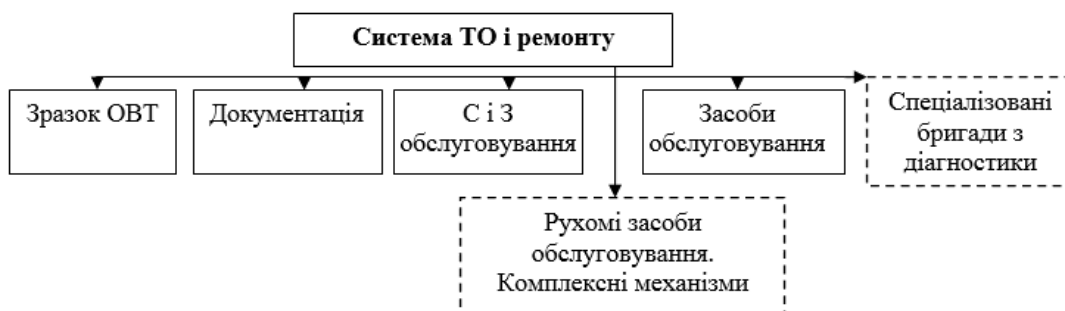


Рис.1. Існуюча та перспективна структура технічного обслуговування
 ——— існує, - - - - - пропонується

Запропонована спеціалізована бригада (рис.1) з діагностики ОВТ забезпечить своєчасне виявлення на початкових стадіях проявів погіршення роботи та збоїв в роботі систем, блоків, агрегатів.

Спеціалізовану бригаду з діагностики ОВТ можливо створювати за рахунок додаткових цілеспрямованих курсів підготовки. Проводити

підготовку доцільно на підприємствах з ремонту чи на підприємстві виробника ОВТ. Можливо одночасно залучати до проведення діагностики представників виробника за визначеним графіком або при непередбачених ситуаціях.

На рис.2 представлена запропонована система технічного обслуговування та ремонту.



Рис.2. Запропонована система технічного обслуговування та ремонту

Висновки

Аналіз технічного забезпечення з урахуванням досвіду експлуатації ОВТ з 2014 по 2021 рік під час виконання завдань підрозділами ЗС України в зоні АТО, ООС підтверджує необхідність виконання ремонту ОВТ під час виконання завдань за призначенням тільки за умови відповідності системи технічного обслуговування та ремонту у Збройних Силах України у системі, прийнятій у НАТО та інших провідних країнах світу за умови:

– військовий ремонт – виконується силами і засобами екіпажу, ремонтного підрозділу військової частини з використанням одиночного ЗПП та за показниками виконання по трудовитратам не

перевищує поточного ремонту (ПР);

– польовий ремонт – виконується силами і засобами спеціалізованої майстерні із заміною (ремонт) агрегатів, блоків, вузлів, що вийшли з ладу (ПР, СР);

– базовий ремонт – виконується силами і засобами спеціалізованих підприємств з ремонту та виготовлення ОВТ із заміною основних вузлів та агрегатів (СР, КР, ремонт за технічним станом).

В ході ведення бойових дій використовується спосіб резервування ОВТ шляхом створення резерву для угруповання військ (сил). Створення резерву агрегатів, блоків, вузлів ОВТ надасть можливість якісного та найбільш швидкого відновлення і постановки ОВТ до строю.

Список літератури

1. С.В. Борисенко Удосконалення автоматизованих систем контролю та діагностики авіаційної техніки.
2. Техническая диагностика танков. м.: ВА БТВ, 1979. 140 с.
3. Технические средства диагностирования: справочник. м.: Машиностроение. 76 с.
4. Эксплуатация бронетанкового вооружения и техники. м.: ВИ, 1984. 122 с.
5. Про затвердження Порядку використання інженерного майна у Міністерстві оборони України та Збройних Силах України: Наказ Міністерства оборони України від 30 січня 2018 р. № 35.
6. Керівництво з експлуатації та ремонту озброєння і засобів радіаційного, хімічного, біологічного захисту на мирний час: Наказ Міністра оборони України від 14 липня 2011 р. № 410.
7. Про затвердження Інструкції з організації передачі озброєння, військової техніки і майна в ремонт: Наказ Міністра оборони України від 09 листопада 2016 року № 596.
8. ДСТУ В 3576-97 “Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення”. [Чинний від 1997-06-03]. Київ: Держстандарт України, 1998. 60 с.
9. ДСТУ 2860-94 “Надійність техніки. Терміни та визначення”. [Чинний від 1996-01-01]. Київ: Держстандарт України, 1996.

Надійшла до редколегії 03.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:**Собора Анатолій Іванович**

кандидат технічних наук
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4880-0926>

Жирний Володимир Анатолійович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1882-3008>

Лепеха Ігор Іванович

начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0009-0004-2650-2225>

Information about the authors:**Anatoliy Sobora**

PhD in Engineering
Leading Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4880-0926>

Volodymyr Zhyrnyi

Head of Scientific Research Department
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1882-3008>

Igor Lepecha

Head of Scientific Research Laboratory
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0004-2650-2225>

PROBLEMATIC ISSUES AND WAYS OF THEIR SOLUTION REGARDING THE IMPROVEMENT OF THE STAGE OF LIFE CYCLE “USAGE” OF AME IN WAR CONDITIONS

A. Sobora, V. Zhyrnyi, I. Lepecha

The article is devoted to the existing problem of today – improvement of the life cycle of weapons and military equipment, namely: increasing the motor resource and the interval between repairs in the conditions of war.

As a basis for the extension of the life cycle, it is proposed to use the method of conducting diagnostics in the maintenance system at all stages of its life cycle.

The essence of the problem lies in the search for effective forms and methods of the technical maintenance of AME during intensive use in the conditions of warfare. The existing system of technical maintenance does not fully ensure the appropriate level of combat readiness of units. The inconsistency of regulatory documents negatively affects the continuation of the life cycle of AME. As a result, premature failure of AME and a decrease in the level of combat readiness of units.

The use of modern diagnostics will make it possible to predict, predict and detect malfunctions of anti-aircraft defense systems at an early stage, and thus reduce financial costs during the implementation of appropriate measures to restore combat effectiveness of anti-aircraft defense systems in limited time.

Keywords: *armament and military equipment, life cycle, stage of usage, diagnostics.*

Є.М. Тертишнік, О.І. Потапов, А.А. Мішок, С.В. Ратушний, О.В. Юла

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

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ ВІДЕО-ФОТОРЕЄСТРАЦІЇ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗРАЗКІВ ВІДЕО-ФОТОАПАРАТУРИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

На даний час, в період активного оснащення та забезпечення потреб Збройних Сил України новими та модернізованими зразками озброєння та військової техніки, виникає нагальна потреба під час проведення випробувань дослідних зразків, проводити фото-відео реєстрацію процесу випробування фото та відеоапаратуру (фотокамерами, відеокамерами, телевізорами та інше).

Основним проблемним питанням є те, що більшість систем та комплексів фото-відео реєстрації інформації, які експлуатуються в науково-дослідних лабораторіях Збройних Сил та підприємствах промисловості України, є застарілими і мають низькі технічні характеристики.

Одним з можливих шляхів вирішення цього питання є аналіз фізичних процесів, які підлягають реєстрації під час випробувань з метою визначити технічні характеристики фото та відеоапаратури для їх роботи у випробувальних лабораторіях відео контролю.

Проаналізовані вимоги до сучасної фото та відеоапаратури, її технічні характеристики та принципи роботи. Аналізу підлягали вітчизняні та іноземні вироби. Вивчення вітчизняного та іноземного досвіду застосування такої апаратури показує, що особливої уваги при складанні загальних вимог необхідно приділити високошвидкісним та телевізійним фото та відеокамерам як найбільш складним за конструкцією.

Було вивчено технічні характеристики сучасної фото та відеоапаратури, їх можливостей застосування при проведенні випробувань. Використання перспективних зразків бортової фото та відеоапаратури при проведенні випробувань озброєння та військової техніки Сухопутних військ можливо з широким спектром застосування.

***Ключові слова:** аналіз фізичних процесів, випробування озброєння та військової техніки, загальні вимоги до фото та відеоапаратури.*

Вступ

Постановка проблеми. На даний час, при повномасштабній агресії російської федерації проти України, здійснюється активне оснащення та забезпечення потреб Збройних Сил України новими та модернізованими зразками озброєння та військової техніки (ОВТ). Виникає нагальна потреба під час проведення випробувань дослідних зразків, проводити фото-відео реєстрацію (фіксацію) процесів випробувань за допомогою фото та відеоапаратури (фотокамер, відеокамер, тепловізорів та інше).

Основним проблемним питанням при цьому є те, що більшість систем та комплексів фото-відео реєстрації інформації, які експлуатуються в науково-дослідних лабораторіях Збройних Сил та підприємствах промисловості України, є застарілими і мають низькі технічні характеристики (якість зйомки, урізані можливості налаштування, великі габарити та вагу, відсутність пило та вологозахисту, захисту від перепаду тиску та температури, невисока енергоефективність).

Тому для вирішення цієї проблеми необхідно проаналізувати ті процеси, які потребують відео-фотореєстрації при проведенні випробувань ОВТ, як приклад, Сухопутних військ та технічні характеристики сучасних засобів відео-, фотозйомки. Оцінити їх можливості щодо повноти і якості реєстрації процесів випробувань та визначити загальні вимоги до них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз науково-технічної літератури та інших відкритих джерел інформації [1–5] свідчить про те, що в розвинутих країнах світу проводиться активна робота щодо пошуку нових технологій, нових способів та засобів для підвищення якості проведення випробувань. Безліч різноманітних наукових досліджень пов'язані з необхідністю реєстрації фізичних процесів (швидкоплинних, теплових та інших). Під час випробувань застосовується різноманітне обладнання, яке відрізняється принципом дії, розмірами та технічними параметрами, в тому числі фото та відеоапаратура, яка активно впроваджується для фіксації всіх етапів випробувань ОВТ сухопутних

військ різного функціонального призначення.

Це питання потребує досконалого вивчення з метою визначення характеристик цього обладнання та використання для роботи випробувальних лабораторій відео-фото контролю.

Метою статті є вивчення вимог до технічних характеристик сучасної фото і відеоапаратури та їх можливостей для застосування при проведенні випробувань озброєння та військової техніки різного функціонального призначення, у першу чергу сухопутного базування [5–8].

Виклад основного матеріалу

З метою оптимального вибору відео-фотокамер для оснащення науково-дослідних випробувальних лабораторій на підставі досвіду випробувань ОБТ, були проаналізовані процеси, експерименти та характеристики, які підлягають реєстрації під час випробувань і відповідно були розподілені на групи за завданнями та технічними характеристиками. Аналізу підлягали сучасні вітчизняні та іноземні вироби з урахуванням вимог до них керівних документів та державних стандартів [4–8].

Основними завданнями засобів фото-відео реєстрації при проведенні випробувань ОБТ сухопутних військ та досвіду роботи випробувальних лабораторій відео-фото контролю є:

- запис, зберігання, відображення фото та відеоінформації;
- спостереження явищ, що вивчаються, водночас за результатами вимірювань, виключаючи розрив між їх зоровим сприйняттям та результатами обчислень;
- візуалізація процесів випробувань та експериментів;
- фото-відео реєстрація відмов та їх діагностики;
- фото-відео реєстрація руйнувань матеріалів під час ударних випробувань;
- фото-відео реєстрація проведення краш-тестів, оцінки безпеки експлуатації, перевірки ступеня їх захищеності від зовнішнього впливу;
- фото-відео реєстрація вимірювань координат та розмірів об'єктів;
- траєкторні вимірювання;
- вимір швидкості, прискорення, гальмування (методом розрахунків);
- вивчення процесу балістики (політ кулі, ракети, снаряду та інше);
- реєстрація процесів горіння (підривів) різних об'єктів і матеріалів;
- візуалізація потоків експериментів;
- аналіз інфрачервоних процесів експериментів;
- можливість виміру температури у реальному часі без попереднього калібрування;

– інфрачервона реєстрація тепловиділення зразка випробування при механічній дії.

Розглянувши ці завдання, можна поділити сучасну відео-фотоапаратуру, що використовується для фіксації процесу випробування ОБТ за напрямками випробувань на: швидкісні, інфрачервоні, бортові та екшн камери.

Розглянемо більш детально їх характеристики, принципи роботи та можливості застосування при проведенні досліджень і випробувань ОБТ:

а) швидкісні камери

Швидкісна цифрова відеокамера призначена для відеофіксації швидкоплинних процесів при проведенні випробувань та експериментів широкою номенклатури нових та модернізованих зразків ОБТ із заданою точністю та надійністю [4].

Комплект відеокамери повинен мати у своєму складі:

- швидкісну цифрову відеокамеру;
- елементи живлення;
- зовнішній блок живлення;
- перехідники тримача об'єктива;
- картку пам'яті SD (мікроSD);
- програмно-апаратний комплекс обробки інформації;
- ліцензійне програмне забезпечення, ліцензійне спеціалізоване програмне забезпечення;
- документацію, гарантійний талон, формуляр;
- засоби освітлення;
- калібрувальні таблиці.

Основними завданнями швидкісної цифрової відеокамери мають бути:

- відео-фіксація швидкоплинних процесів при проведенні випробувань та експериментів;
- діагностика та пошук несправностей під час фото-відео реєстрації швидкоплинних процесів при проведенні та після проведення випробувань;
- фото-відео реєстрація процесів руйнувань матеріалів під час ударних випробувань;
- фото-відео реєстрація проведення краш-тестів, оцінки безпеки експлуатації, перевірки ступеня їх захищеності від зовнішнього впливу;
- фото-відео реєстрація швидкоплинних процесів при проведенні випробувань з подальшим розрахунком виміру швидкості та прискорення;
- вивчення процесів балістики (польотів кулі, ракети, снаряду та інше);
- вивчення процесу горіння (підривів) різних об'єктів і матеріалів;
- візуалізація потоків швидкоплинних процесів при проведенні випробувань.

Об'єктами випробувань можуть виступати наземні та інші зразки інших родів військ та спеціальних військ та їх складові.

Основними не бойовими спеціальними функціями можуть бути:

– можливість вивчати кількісні характеристики швидкоплинних процесів, які неможливо отримувати за допомогою традиційних засобів;

– спостереження явищ, що вивчаються, водночас з результатами вимірювань, які виключають розрив між зоровим сприйняттям процесу та результатами обчислень;

– демонстрація швидкоплинних процесів випробувань;

– можливість, окрім забезпечення видимості цифрового відео в широких межах, змінювати швидкість відтворення записаного експерименту;

– можливість вивчати в уповільненому темпі або по кадру записаний швидкоплинний процес.

Параметри відеокамер для фото-відео реєстрації швидкоплинних процесів під час випробувань представлені у табл.1.

Таблиця 1

Параметри відеокамер для реєстрації процесів проведення випробувань

№ з/п	Параметри (характеристики) камер	Тип камер за напрямком випробувань			
		швидкісні	теплові	бортові	екшн
1.	Роздільна здатність для зйомки відео (фото)	Full HD	відео не менше: 1024 x 780 px з частотою 30 Гц; 1024 x 196 px з частотою 240 Гц; фото не менше 1024 x 196 px з частотою 120 Гц; частота зйомки фото – не менше 1024 x 196 px з частотою 120 Гц;	не нижче Full HD	не нижче Full HD
2.	Швидкість (частота) зйомки	4K (4096 x 2160) 1000 кадрів/с і вище; 2K (2048 x 1152) 1800 кадрів/с і вище; Full HD (1920 x 1080) 1900 кадрів/с і вище	частота зйомки (фото) – від 120 до 240 Гц; частота зйомки (відео) – від 30 до 240 кГц;	Full HD (1920 x 1080) не нижче 50 кадрів/с	режим відеозйомки : 1080 p (1920 x 1080) – 120 кадрів/с і вище; 720 p (1280x720) – 120 кадрів/с і вище;
3.	Чутливість	мінімальна 1000 ISO у кольоровому режимі; мінімальна 10000 ISO у монохромному режимі		для відео не менше 1600 ISO; для фото не менше 3200 ISO.	не менше 0,01 Лк (кольорова)
4.	Спектральний діапазон		не менше ніж (1,5 – 5,1)/ (7,5 – 14,0) мкм		
5.	Час роботи від вбудованого акумулятора	не менше 1 години	не менше 4 годин	не менше 2 годин	не менше 2 годин
6.	Об'єм вбудованої пам'яті	не менше 64 Гбайт	не менше 16 Гбайт.	не менше 16 Гбайт	підтримка карт пам'яті не менш 128 Гбайт
7.	Робочий діапазон температур	від мінус 20 °C до +50 °C	мінус 40 °C до 2500 °C	мінус 40 °C до +50 °C	мінус 25°C... +50 °C
8.	Захист від зовнішніх факторів	IP 67	IP 67	IP 67	IP 67
9.	Функція стабілізації	механічна, електрична	механічна, електрична	механічна, електрична	механічна, електрична

Система електроживлення має забезпечувати електричне живлення від промислової мережі, елементів живлення та заряджання елементів живлення.

Програмно-апаратний комплекс обробки інформації повинен забезпечувати обробку зареєстрованої інформації та її візуальне відображення на екрані.

До складу програмно-апаратного комплексу обробки інформації повинні входити:

- комплект ліцензійного загальносистемного та спеціалізованого програмного забезпечення;
- апаратні засоби ПЕОМ типу NOTEBOOK та принтер кольоровий з комплектом експлуатаційної та програмної документації.

Комплект програмного забезпечення повинен забезпечувати відновлення працездатності програмно-апаратного комплексу обробки інформації без залучення Розробника в автономному режимі без під'єднання до мережі Інтернет чи телефону.

Програмно-апаратний комплекс обробки інформації може бути покупним виробом та надаватися разом із комплектом реєструючої апаратури.

Живлення складових програмно-апаратного комплексу повинно забезпечуватись від промислової мережі електропостачання та автономної вбудованої батареї, не менше 4 годин роботи з максимальним навантаженням.

б) теплові (інфрачервоні) камери

Теплова (інфрачервона) відеокамера (далі – тепловізор) призначена для вивчення та нагляду за тепловим випромінюванням на дослідній поверхні при проведенні випробувань та експлуатації нових та модернізованих зразків ОБТ [5].

Комплект тепловізору повинен мати у своєму складі:

- камеру тепловізору;
- об'єктив;
- елементи живлення;
- картку пам'яті SD (мікроSD);
- зовнішній блок живлення;
- перехідники тримача об'єктива;
- експлуатаційну документацію, гарантійний талон, формуляр та комплект запасних частин та приладдя.

Основними завданнями тепловізору мають бути:

- візуалізація теплових процесів на поверхнях зразків під час випробувань та експериментів;
- діагностика та пошук несправностей, які пов'язані з тепловими процесами під час та після випробувань;
- фіксація руйнувань матеріалів та ударних випробувань при тепловому впливі;

– фіксація та вивчення процесів горіння (підривів) різних об'єктів і матеріалів;

– інфрачервоний аналіз теплових процесів на поверхнях випробувальних зразків;

– можливість виміру температури у реальному часі без попереднього калібрування;

– інфрачервона реєстрація тепловиділення зразка випробування при механічній дії на нього.

Об'єктами випробувань можуть виступати озброєння та військова техніка Збройних Сил України та її складові.

Основними небойовими спеціальними функціями теплової відеокамери повинні бути:

– висока якість запису (фіксації) теплових процесів на поверхнях об'єктів випробувань;

– можливість вивчати кількісні характеристики теплових процесів, які неможливо отримувати з допомогою традиційних засобів;

– спостереження явищ, що вивчаються, водночас з результатами вимірювань, виключаючи розрив між їх зоровим сприйняттям та результатами обчислень;

– візуалізація протікання теплових процесів випробувань;

– можливість змінювати швидкість відтворення записаного експерименту в теплових ділянках спектру;

– безконтактний вимір температури об'єкту випробувань.

Параметри теплових камер для реєстрації інфрачервоних процесів під час випробувань представлені у табл.1.

Система електроживлення має забезпечувати електричне живлення від промислової мережі, елементів живлення та заряджання елементів живлення.

в) бортові камери

Цифрова відеокамера для бортової наземної та повітряної відеозйомки призначена для реєстрації процесів при проведенні випробувань широкої номенклатури нових та модернізованих зразків ОБТ із заданою точністю та надійністю зі збереженням матеріалів зйомки для її подальшого аналізу на наземних засобах обробки інформації [3].

Комплект бортової відеокамери повинен мати у своєму складі:

- відеокамеру;
- елементи живлення;
- зарядний пристрій;
- футляр до камери;
- програмне забезпечення та ліцензія до нього (за необхідністю);
- експлуатаційну документацію з комплектом запасних частин та приладдям.

Основними завданнями бортової відеокамери мають бути:

– фото-відео реєстрація процесів випробувань та експериментів;

– фото-відео реєстрація проведення експериментів та подальша її оцінка (якісна та кількісна);

– фото-відео реєстрація процесів випробувань з метою вимірювань координат та розмірів об'єктів випробувань;

– фото-відео реєстрація траєкторних вимірювань руху об'єктів випробувань;

– фото-відео реєстрація процесів балістики (політ ракет, снарядів та інше);

– візуалізація потоків експериментів.

Об'єктами випробувань можуть виступати: повітряні судна, зразки інших видів, родів військ та спеціальних військ, їх складові.

Основними небойовими спеціальними функціями можуть бути :

– візуалізація процесів випробувань та потоків експериментів;

– фото-відео реєстрація та фото діагностика несправностей та їх фіксація;

– фото-відео реєстрація випробувань кліматично-механічних характеристики;

– фото-відео реєстрація проведення краш-тестів, оцінка безпеки експлуатації, перевірка ступеня їх захищеності від зовнішнього впливу;

– фото-відео реєстрація вимірювань координат та розмірів об'єктів;

– фото-відео реєстрація траєкторних вимірювань;

– фото-відео реєстрація процесів випробувань з метою виміру швидкісних характеристик об'єкта випробувань;

– фото-відео реєстрація процесів балістики (політ кулі, ракети, снаряду та інші);

– можливість в широких межах змінювати швидкість відтворення записаного експерименту.

Параметри бортових відеокамер для відео фіксації об'єкту (процесу) випробувань представлені у табл.1.

В залежності від завдання, в комплект відеокамери повинні входити аксесуари:

– протиударна штативна опора для відеокамер;

– змінний елемент живлення;

– додаткові бокси для зарядки акумуляторів;

– різноманітне обладнання для кріплення на об'єкті випробувань.

Тривалість автономної безперервної роботи відеокамери повинна складати не менше 2 годин.

Повинна бути передбачена можливість роботи від зовнішнього джерела живлення (Power bank).

Зарядка акумуляторних батарей повинна забезпечуватися від промислової мережі з тривалістю не більше двох годин.

г) екшн камери (екстремальні умови

застосування)

Екшн камера призначена для відео реєстрації процесів при проведенні випробувань широкої номенклатури нових та модернізованих зразків ОБТ із заданою точністю та надійністю в екстремальних зонах та на поверхнях зразків випробувань зі збереженням матеріалів зйомки для її подальшого аналізу на наземних засобах обробки інформації [3; 6].

Комплект екшн відеокамери повинен мати у своєму складі:

– відеокамеру;

– елементи живлення;

– зарядний пристрій;

– футляр до камери;

– програмне забезпечення та ліцензія до нього (за необхідністю);

– експлуатаційну документацію та приладдя.

Основними завданнями відеокамери мають бути :

– зйомка процесів випробувань і експериментів у важкодоступних місцях;

– фото-відео реєстрація процесів випробувань та експериментів;

– фото-відео реєстрація проведення експериментів та подальша її оцінка (якісна та кількісна);

– фото-відео реєстрація вимірювань координат та розмірів об'єктів випробувань;

– фото-відео реєстрація траєкторних вимірювань руху об'єктів випробувань;

– вивчення процесів балістики (політ ракет, снарядів та інше).

Об'єктами випробувань можуть виступати повітряні судна, зразки інших видів родів військ та спеціальних військ та їх складові.

Основними небойовими спеціальними функціями можуть бути:

– можливість вивчати кількісні характеристики процесів випробувань в важкодоступних місцях зразка;

– спостереження явищ, що вивчаються, водночас з результатами вимірювань, виключаючи розрив між їх зоровим сприйняттям та результатами обчислень;

– демонстрація процесів випробувань;

– можливість в широких межах змінювати швидкість відтворення записаного експерименту.

Параметри відеокамер для реєстрації відеозображення процесів проведення випробувань в екстремальних зонах та на поверхнях зразків випробувань представлені у табл.1.

Відеокамера для проведення випробувань повинна мати додаткові аксесуари, такі як:

– додатковий жорсткий диск;

– змінні об'єктиви;

– протиударна штативна опора для відеокамер;
 – змінний елемент живлення;
 – додаткові бокси для зарядки акумуляторів;
 – обладнання для кріплення на об'єкті випробувань.

Повинна бути передбачена можливість роботи від зовнішнього джерела живлення (Power bank).

Зарядка елементів живлення повинна забезпечуватися від промислової мережі з тривалістю не більше двох годин.

Загальними вимогами для розглянутих відеокамер є:

а) умови навколишнього середовища застосування відеокамер мають бути: температура повітря від мінус 25 °С...+50 °С; відносна вологість повітря до 98 %; атмосферний тиск повітря 2,0...106 кПа (15 – 795 мм рт. ст.). Реєструюча апаратура повинна бути стійкою, міцною і сталою щодо впливу зовнішніх факторів відповідно до міжнародного стандарту захисту оболонки від зовнішнього впливу ІР 67;

б) програмно-апаратний комплекс обробки інформації повинен забезпечувати обробку зареєстрованої інформації та її візуальне відображення на екрані. До складу програмно-апаратного комплексу обробки інформації повинні входити:

– апаратні засоби ПЕОМ типу NOTEBOOK або стаціонарний ПЕОМ;

– принтер кольоровий;

– комплект експлуатаційної та програмної документації (за необхідністю);

в) живлення складових ПЕОМ типу NOTEBOOK (або ПЕОМ стаціонарний) повинно забезпечуватися від зовнішньої промислової мережі електропостачання напругою $220 \pm 10\%$, 50 Гц та автономної вбудованої батареї не менше 4 годин роботи з максимальним навантаженням.

г) комплект запасних інструментів та приладдя має забезпечувати технічне обслуговування, працездатність та відновлення складових частин бортової відеокамери в гарантійний та післягарантійний період експлуатації у відповідності з вимогами експлуатаційної документації (якщо це передбачено виробником).

Висновки

Таким чином, з метою підвищення якості проведення випробувань нових і модернізованих зразків ОВТ, було:

– визначено основні завдання засобів фото-відео реєстрації, які підлягають фіксації (реєстрації) при проведенні випробувань ОВТ СВ;

– визначено технічні вимоги до сучасної фото та відеоапаратури та їх можливостей застосування при проведенні випробувань;

– визначено “Загальні вимоги для засобів відео-фото контролю за різними типами обладнання для оснащення науково-дослідних випробувальних лабораторій відео-фото контролю” [11].

Список літератури

1. Про затвердження Державної цільової програми розвитку озброєння та військової техніки на період до 2020 року: Указ Президента України, затверджений Кабінетом Міністрів України 30 березня 2016 року.
2. Воєнна доктрина України: Постанова Верховної Ради України від 19 жовтня 1993 року № 3529-XII з доповненнями від 21 грудня 2000 року №2171-III/www.iac.dod.ua.
3. Стратегічний оборонний бюлетень України: Указ Президента України від 27 лютого 2016 р. 38 с.
4. Про затвердження Інструкції з формування оперативно-стратегічних, оперативно-тактичних та загальних вимог до перспективних (нових, модернізованих) систем (комплексів, зразків) озброєння та військової техніки Збройних Сил України: Наказ Головнокомандувача Збройних Сил України від 28 серпня 2020 р. № 127. С. 6–7.
5. Современные измерительные системы и их возможности (на примере продукции фирмы imc). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sensorika.com/> (дата звернення 20.12.2022).
6. GOPRO: веб-сайт. URL: <https://gopro-ua.com> (дата звернення 20.07.2021).
7. Высокочувствительные скоростные камеры NAC Memrecam Серия GT: веб-сайт. URL: <https://pribory.com/product/vysokuchuvstvitelnye-skorostnye-kamery-nac-memrecam-seriya-gx/> (дата звернення 20.12.2022).
8. Измерительные приборы FLUKE (США): веб-сайт. URL: www.fluke.kiev.ua (дата звернення 20.12.2022).
9. Про затвердження Інструкції з об'єктивного контролю в авіації у Повітряних Силах Збройних Сил України: Наказ Командувача Повітряних Сил Збройних Сил України від 03 грудня 2018 р. № 228. С. 5–21.
10. ДСТУ В 3275-95. Системи автоматизованого оброблення польотної інформації наземні. Загальні вимоги. [Чинний від 1996-07-01]. Київ: Держстандарт України, 1996. С. 2–5.
11. Шейн І. В. Розробка загальних вимог до засобів бортових вимірювань для проведення випробувань озброєння та військової техніки (Шифр “Контроль СБВ”). Звіт про Оперативне завдання. Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2020. С. 22–34.

Надійшла до редколегії 09.02.2023

Схвалена до друку 15.03.2023

Відомості про авторів:

Тертишнік Євген Михайлович
 старший науковий співробітник
 Державного науково-дослідного інституту
 випробувань і сертифікації
 озброєння та військової техніки,
 Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3356-7639>

Information about the authors:

Yevgen Tertyshnik
 Senior Researcher
 of State Scientific Research Institute
 of Armament and Military Equipment
 Testing and Certification,
 Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3356-7639>

Потапов Олександр Іванович

старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8128-1876>

Мішок Андрій Анатолійович

науковий співробітник – інженер-випробувач
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9217-8361>

Ратушний Сергій Васильович

провідний науковий співробітник –
провідний інженер-випробувач
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1567-0501>

Юла Олександр Васильович

начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки,
Черкаси, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6309-6594>

Oleksandr Potapov

Senior Researcher
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8128-1876>

Andriy Mishok

Researcher – Test Engineer
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9217-8361>

Sergii Ratushny

Leading Researcher –
leading test engineer
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1567-0501>

Oleksandr Yula

Head of Scientific Research Laboratory
of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification,
Cherkasy, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6309-6594>

CHARACTERISTICS OF PROCESSES SUBJECT TO VIDEO-PHOTOGRAPHY DURING TESTS OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT OF THE GROUND FORCES AND DETERMINATION OF GENERAL REQUIREMENTS FOR PROSPECTIVE SAMPLES OF VIDEO-PHOTO EQUIPMENT FOR TESTING

Ye. Tertyshnik, O. Potapov, A. Mishok, S. Ratushny, O. Yula

Currently, during the period of active equipping and provision of the needs of the Armed Forces of Ukraine with new and modernized samples of armament and military equipment, there is an urgent need to conduct photo-video registration of the process during the testing of experimental samples with the help of photo and video equipment (cameras, video cameras, thermal imagers, etc.).

The main problematic issue is that most of the systems and complexes of photo-video registration of information, which are operated in research laboratories of information and measurement systems of the Armed Forces and industrial enterprises of Ukraine, are outdated and have low technical characteristics.

One of the possible ways to solve this issue is the analysis of physical processes that are subject to registration during tests, in order to determine the technical characteristics of photos and video equipment for their purchase for the operation of video surveillance test laboratories.

The purpose of the research was to study the technical characteristics of modern photo and video equipment and the possibility of its use in testing weapons and military equipment for various functional purposes, primarily ground.

This article analyzes the requirements for modern photo and video equipment, its technical characteristics and principles of operation. Domestic and foreign products were subject to analysis. The study of domestic and foreign experience in the use of such equipment shows that special attention should be paid to high-speed and television photo and video cameras when drawing up general requirements as they are the most complex in terms of construction.

Thus, in order to improve the quality of tests of new and modernized samples of armament and military equipment, the technical characteristics of modern photo and video equipment and the possibility of their use during tests were investigated. The use of promising samples of on-board photo and video equipment during tests of armament and military equipment of the ground forces is possible with a wide range of applications.

Keywords: *analysis of physical processes, testing of armament and military equipment, general requirements for photo and video equipment.*

Алфавітний покажчик

Агеєв О.В.	92	Зройчиков Д.В.	15	Парашенко Т.В.	116
Андрушко А.М.	8	Катунін А.М.	62	Потапов О.І.	133
Андрушко М.В.	8	Кіпріанов О.Л.	86	Процин І.В.	122
Аркушенко П.Л.	8	Коломійцев О.В.	62	Пустоваров В.В.	62
Бакалов В.Г.	15	Кривцун В.І.	92	Ратушний С.В.	133
Бачурін С.М.	20	Крюков М.І.	68	Ряполов С.І.	41
Бірюков Є.М.	74	Кузнецов В.О.	92	Світенко М.І.	26
Борщ В.В.	26	Кузьменко В.О.	15	Семироз А.О.	26
Буряк С.П.	34	Кузьміч О.Є.	8	Симоненко О.В.	110
Варакута В.П.	41	Лаппо І.М.	74	Следнікова О.С.	49
Василенко Р.В.	116	Ларін В.В.	110	Собора А.І.	129
Вервейко О.І.	26	Лепеха І.І.	129	Тертишнік Є.М.	133
Гордієнко А.М.	110	Любарець А.А.	81	Чернявський О.Ю.	41
Гулий С.М.	34	Ляшенко В.А.	86	Шатров А.М.	81
Добришкін Ю.М.	74	92	Шишацький А.В.	20
Живець Ю.М.	99	Матвеев Л.І.	122	Шумигай О.В.	99
Жирний В.А.	129	Мішок А.А.	133	Юла О.В.	49
Журахов О.В.	74	Нікітченко А.О.	81	86, 133
Заєць М.Є.	116	Нікітченко В.І.	99	Яриш І.Ю.	15
Заруба О.Г.	20	Оверчук В.О.	41		
Зозуля В.М.	49	Олійник Р.М.	62		
.....	86	99		
Іванов Д.А.	99	Орлов С.В.	110		

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

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

Випуск 1(15)

Відповідальний за випуск *І.Є. Ряполов*

Комп'ютерна верстка і макетування *О.В. Журна*

Переклад англійською *А.В. Далудіна*

Комп'ютерний дизайн обкладинки *О.А. Усачова*

Техн. редактор *О.В. Журна* Коректор *І.Є. Ряполов*

Формат 60×84/8 Ум.-друк. арк. – 16,28

Підписано до друку 11.04.2023

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

КВ № 23995–13835Р від 19.06.2019 р.

Ціна договірною. Тираж 80 пр. Зам. 2402-23

Адреса редакції: 18003, Черкаси, вул. В'ячеслава Чорновола, 164

тел. +38 (067) 979 90 39 e-mail: niv_dndi@ukr.net

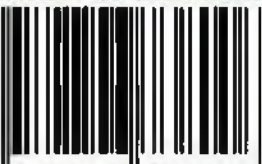


Віддруковано з готових оригінал-макетів замовника у друкарні ФОП О.О. Євенок
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції України
серія ДК № 3544 від 05.08.2009 р.

м. Житомир, вул. М. Бердичівська, 17А
тел.: +38 (063) 101 22 33, e-mail: printintz@gmail.com



ISSN 2706-7386



9 772706 738006