

**ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Виходить 4 рази на рік

№ 86

Згідно з наказом МОН №1188 від 24.09.2020, п. №156 Додатку 5 «Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка» включено до категорії «Б» за спеціальностями:

- F4 Системний аналіз та наука про дані (124);
- F6 Інформаційні системи і технології (126);
- K6 Забезпечення військ (сил) (254);
- K7 Озброєння та військова техніка (255).

**MILITARY INSTITUTE OF TARAS SHEVCHENKO NATIONAL
UNIVERSITY OF KYIV**

COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS

**OF THE MILITARY INSTITUTE OF TARAS SHEVCHENKO
NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV**

It comes out 4 times a year

№ 86

According to the Order of the Ministry of Education and Science No. 1188 from 09/24/2020, item No. 156 of Appendix 5 «Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv» is included in category «B» by specialties:

F4 System analysis and date scsence (124);

F6 Information systems and technologies (126);

K6 Supply of troops (forces) (254);

K7 Armament and military equipment (255).

KYIV – 2025

УДК 621.43

ББК 32-26.8-68.49

Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ, 2025. № 86. 132 с.

Голова редакційної колегії:

Лєнков С.В.

доктор технічних наук, професор, ВІКНУ;

Члени редакційної колегії:

Анісімов А.В.

доктор фізико-математичних наук, професор, член-кор. НАНУ, КНУ;

Барабаш О.В.

доктор технічних наук, професор, НТУУ КПІ;

Гунченко Ю.О.

доктор технічних наук, професор, ОНУ;

Жиров Г.Б.

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, КНУ;

Заславський В.А.

доктор технічних наук, професор, КНУ;

Карпінський М.П.

доктор технічних наук, професор, УНТ, Краків (Польща)

Лепіх Я.І.

доктор фізико-математичних наук, професор, ОНУ;

Петров О.С.

доктор технічних наук, професор, УНТ, Краків (Польща);

Погорілий С.Д.

доктор технічних наук, професор, КНУ;

Толок І.В.

кандидат педагогічних наук, доцент, НУЦЗУ;

Хайрова Н.Ф.

доктор технічних наук, професор, Університет Умеа (Швеція);

Хлапонін Ю.І.

доктор технічних наук, професор, КНУБА;

Шаронова Н.В.

доктор технічних наук, професор, НТУ ХП.

Редакційна колегія прагне до покращення змісту та якості оформлення видання і буде вдячна авторам та читачам за висловлювання зауважень і побажань.

Зареєстровано Міністерством юстиції України, свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації – серія КВ № 11541 – 413Р від 21.07.2006 р.

Відповідно до наказу МОН України від 24.09.2020 № 1188 «Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка» внесено до категорії «Б» (технічні науки).

Затверджено на засіданні Вченої ради ВІКНУ від 20.03.25 р., протокол № 8.

Відповідальна за макет:
Зарицька А.І.

Відповідальність за новизну і достовірність наведених результатів, тактико-технічних та економічних показників і коректність висловлювань несуть автори. Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів. Усі матеріали надруковані в авторській редакції.

Усі статті, що публікуються в збірнику, проходять обов'язкове рецензування, яке здійснюється за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів. Незважаючи на перевірку статей на антиплагіат, остаточну відповідальність за плагіат несуть автори.

Видання безкоштовне.

Примірники збірників знаходяться у: Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського, науковій бібліотеці ім. М. Максимовича, бібліотеці Військового інституту та в наукових бібліотеках України згідно зі списком МОН. Електронна версія збірника розміщена на відповідних сайтах.

Видання індексується Google Scholar.

ОМ

Адреса редакції: 03189, м. Київ, вул. Ю. Здановської, 81, тел./факс +38 (044) 521 – 33 – 82

Наклад 50 прим. Ел.адреса редактора: lenkov_s@ukr.net

Офіційний сайт журналу: <http://miljournals.knu.ua>

Chairman of the editorial board:

Lienkov S.V. doctor of technical sciences, professor, VIKNU;

Members of the editorial board:

Anisimov A.V. doctor of physics and mathematics, professor, corresponding member of. NASU, KNU;
Barabash O.V. doctor of technical sciences, professor, NTUU KPI;
Gunchenko Yu.O. doctor of technical sciences, professor, ONU;
Zhyrov G.B. candidate of technical sciences, senior researcher, KNU;
Zaslavsky V.A. doctor of technical sciences, professor, KNU;
Karpins'kyj M.P. doctor of technical sciences, professor, UNT, Krakow (Poland)
Lepikh Ya.I. doctor of physics and mathematics, professor, ONU;
Petrov O.S. doctor of technical sciences, professor, UNT, Krakow (Poland);
Pogorilyy S.D. doctor of technical sciences, professor, KNU;
Tolok I.V. candidate of pedagogical sciences, docent, NUCP
Khairova N.F. doctor of technical sciences, profecor, Umea University (Sweden);
Khlaponin Yu.I. doctor of technical sciences, professor, KNUBA;
Sharonova N.V. doctor of technical sciences, professor, NTU KhPI.

The editorial board strives to improve the content and quality of the publication and will be grateful to the authors and readers for their comments and wishes.

Registered by the Ministry of Justice of Ukraine, certificate of state registration of printed mass media – KV series No. 11541 – 413P from 07/21/2006.

In accordance with the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine from September 24, 2020 No. 1188, «Collection of Scientific Works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv» is included in category «B» (technical sciences).

Approved at the meeting of the Scientific Council of VIKNU from 20.03.2025, protocol No8.

Responsible for the layout: Zaritsky A. The authors are responsible for the novelty and reliability of the given results, tactical-technical and economic indicators and the correctness of statements. The point of view of the editorial board does not always coincide with the position of the authors. All the materials are printed in the author's edition.

All articles published in the collection undergo a mandatory review, which is carried out anonymously for both authors and reviewers. Despite checking the articles for anti-plagiarism, the final responsibility for plagiarism lies with the authors.

The publication is free.

Copies of the collections are in the National Library of Ukraine named after V.I. Vernadsky, in the scientific library named after M. Maksymovych, in the library of the Military Institute and in the scientific libraries of Ukraine according to the list of the Ministry of Education and Science. The electronic version of the collection is posted on the relevant websites.

The publication is indexed by Google Scholar.

Address of the editorial office: 03189, Kyiv, str. Y. Zdanovska, 81, phone/fax +38 (044) 521 – 33 – 82 Edition of 50 copies. E-mail address of the editor: lenkov_s@ukr.net
Official website of the journal: <http://miljournals.knu.ua>

ЗМІСТ

ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ilnytskyi A.I., Tsukanov O.F., Humennyi D.O. Cyclic three-stage procedure for single-channel detection of mobile radio signals in the frequency-time domain	7
Varakuta V.P., Varakuta M.V. A duel between the tactics of the "second" army of the world and the ukrainian defence forces in the russian-ukrainian war in the period from february 2022 to november	15
Богданова О.Г. Чисельний метод обчислення моментів переключення релейного управління в задачах максимальної швидкодії	25
Горошко О.О., Завальнюк В.В. Аналіз перспектив переходу до вантажівок із електричним приводом у навчанні водінню військовослужбовців ЗС України	34
Маміч В.В., Максименко Ю.А., Дідик В.О., Шаршаткін Д. Ю., Задорожний С. М. Дослідження можливості підвищення якості сучасної аналітичної роботи розвідувальних підрозділів	44
Опенько П.В. Використання сучасних стрілецьких платформ штурмовими підрозділами	50
Петров Л.М., Кішнянус І.В., Петрик Ю.М., Нікішин В.А., Верпівський С.М. Теорія Петрова – Кішнянуса коливального руху геометрії плями контакту колісного рушія вантажного автомобіля	58

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Haisha O.O., Lienkov S.V. On the capabilities of modern neural networks as a means of artificial intelligence	69
Sokolov A.V., Lienkov S.V., Radush V.V. Cryptographic properties of S-boxes constructed based on dynamic chaos theory when represented using many-valued logic functions	79

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

Бойко А.А. Формування критеріїв виміру рівня ефективності системи внутрішнього контролю у Міністерстві оборони України та підпорядкованих установах	88
Германенко Л.М. Десятніков І.В. Грошове забезпечення військовослужбовців Збройних Сил США У Південному В'єтнамі (1965-1973)	101
Шостак В.Г., Зіатдінов Ю.К., Кубарь С.В., Мавренков О.Є. Нормативно-правове забезпечення виконання дослідно-конструкторських робіт з розроблення озброєння та військової техніки: стан і пропозиції щодо удосконалення	110

Дані про авторів	118
Алфавітний покажчик	119
Редакційна політика та етичні норми	120
Якісні показники членів редакційної колегії. Перелік спеціальностей збірника та пропозиції щодо його вдосконалення з 01.01.26	122
Порядок подання і оформлення статей до «Збірника наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка»	124

CONTENTS

MILITARY EQUIPMENT AND TWO-DESTINATION TECHNOLOGIES

Ilnytskyi A.I., Tsukanov O.F., Humennyi D.O. Cyclic three-stage procedure for single-channel detection of mobile radio signals in the frequency-time domain	7
Varakuta V.P., Varakuta M.V. A duel between the tactics of the "second" army of the world and the ukrainian defence forces in the russian-ukrainian war in the period from february 2022 to	15
Bogdanova O.G. Numerical method of calculating switching moment of relay control in tasks of maximum speed	25
Horoshko O.O., Zavalniuk V.V. Prospects for implementing electric trucks in driver training for military needs	34
Mamich V.V., Maksimenko Yu.A., Didyk V.O., Sharshatkin D.Y., Zadorognyu S.M. Research on the possibility of improving the quality of the current analytical work of intelligence units	44
Ohen'ko P.V. Use of modern small arms platforms by assault units	50
Petrov L.V., Kishianus I.V., Petryk Y.M., Nikishyn V.A., Verpivskyi S.M. Petrov-Kishianus theory of oscillatory motion geometry contact patches of the wheel drive of a truck	58

INFORMATION TECHNOLOGIES

Haisha O.O., Lienkov S.V. On the capabilities of modern neural networks as a means of artificial intelligence	69
Sokolov A.V., Lienkov S.V., Radush V.V. Cryptographic properties of S-boxes constructed based on dynamic chaos theory when represented using many-valued logic functions	79

GENERAL QUESTIONS

Boiko A.A. Formation of criteria for measuring the level of effectiveness of the internal control system in the Ministry of defense of Ukraine and subordinated institutions	88
Hermanenko L.M., Desiatnikov I.V. Financial support for u.s. armed forces personnel in south vietnam (1965-1973)	101
Shostak V.I., Ziatdinov Y.K., Kubar S.V., Mavrenkov O.E. Regulatory and legal support for the implementation of research and design works on the development of weapons and military equipment: status and proposals for improvement	110

Data on Authors	118
Alphabetical Index	119
Editorial policy and ethical standard	122
The order of submission and registration of articles to the "Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv "	124

CYCLIC THREE-STAGE PROCEDURE FOR SINGLE-CHANNEL DETECTION OF MOBILE RADIO SIGNALS IN THE FREQUENCY-TIME DOMAIN

In the context of a full-scale invasion and military operations for the independence of Ukraine, the issues of radio monitoring of radio emission sources of telecommunication networks and systems are gaining special attention and require fundamentally new approaches to the level of informatisation, technical implementation and increase of their efficiency.

Today, technical means of radio interception, monitoring and direction finding in mobile radio networks are implemented in the form of software and hardware complexes, the most important performance indicators of which are speed, detection accuracy and reliability of recognition of mobile radio communication means with their information content. At the same time, these issues still remain problematic and require further development of methods and means for searching and detecting signals of mobile radio communication equipment in both frequency and time environments of telecommunication channels and their subsequent information processing.

To address this issue, the authors propose a cyclic procedure for single-channel search for mobile radio signals with three stages of detection in the frequency-time domain and its mathematical model. It is shown that the use of a cyclic procedure for single-channel search for signals of mobile radio communication means with three stages of detection in the frequency-time domain will ensure high quality of radio monitoring and efficiency of estimation of spectral components of radio signals in terms of speed, detection accuracy and probability of recognition of mobile radio communication means with further determination of their information content.

Keywords: *radio monitoring, telecommunication networks, mobile communication systems, performance indicators, speed, detection accuracy, recognition probability.*

Introduction. In the context of a full-scale invasion and military operations for Ukraine's independence, the issues of efficiency of radio monitoring (RM) of radiation sources (RS) of information and telecommunication systems (ITS) are gaining special attention. This is confirmed by the fact that under martial law, the State Enterprise ‘Ukrainian State Centre of Radio Frequencies’ (SE ‘UCRF’), which in peacetime is responsible for radio frequency monitoring of fixed and mobile ITS, begins to be subordinated to the command of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine, which ensures coordination of air defence, electronic and radar intelligence and electronic warfare of the state's security forces both in Ukraine and partially abroad.

Therefore, the issues related to the development of new and improvement of existing technical means of RM, based on the further development of the scientific and methodological apparatus, the results of assessing their effectiveness, software and algorithmic support and practical implementation, remain extremely relevant [1].

Problem formulation. Today, the technical means of radio interception, monitoring and direction finding in the networks of mobile radio communication systems are implemented in the form of software and hardware complexes (SHC), the most important performance indicators of

which are speed, accuracy of detection and probability of recognition of mobile radio communication means with their information content.

At the same time, these issues still remain problematic [2] and require further development of methods and techniques for searching and detecting signals of mobile radio communications in both frequency and time environments of telecommunication channels and their information processing.

Goal statement. In the structure SHC of the radio monitoring system for RS e main place is occupied by the subsystem of radio receiving devices (RRD), which solves the problem of signal detection in the frequency-time domain by cyclic procedures with one or more detection stages that implement methods of sequentially parallel signal search and detection. In [3, 4], a description of the cyclic procedure for single-channel of single-channel search for RM signals with one and two stages of detection in the form of a directed probabilistic graph, which is schematically shown in (Fig. 1), and its mathematical model in the form of expression (1) to determine the probability of successful

$$\begin{aligned}
P_p(t) &= \frac{(1-D_1)(1-D_2)P_{\Pi}^t}{N} \times \\
&\times \sum_{i=1}^N \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^n C_n^k (1-(1-D_1)P_{\Pi}^t)^k \times \\
&\times \left[(1-D_1)P_p^t (1-(1-D_2)P_{\Pi}^t) \right]^{n-k} \times \\
&\times \sum_{q=0}^{(N-1)n+(N-i)} C_{(N-1)n+(N-i)}^q (1-F_1)^q [F_1(1-F_2)]^{(N-1)n+(N-i)-q} \times \\
&\times h \left[\begin{matrix} t-t_{a1}(Nn+N-i+1) \\ -t_{a2}(Nn+N-i-q-k+1) \end{matrix} \right], \tag{1}
\end{aligned}$$

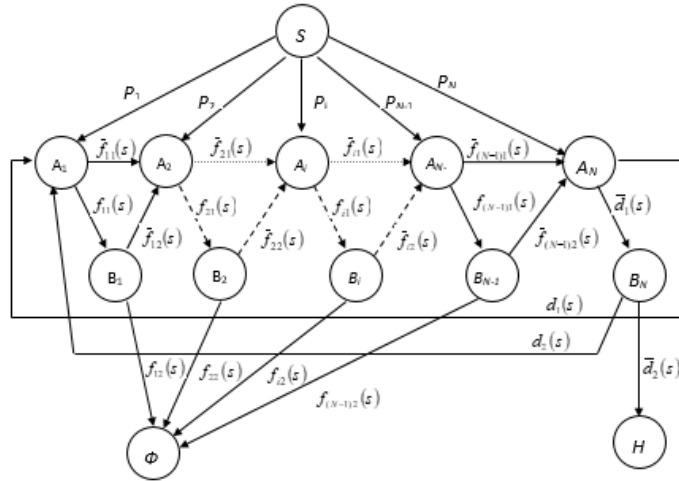


Figure 1 – Graph of the cyclic procedure of single-channel search with two stages of detection

where F_{q1}, F_{q2} are the probabilities of the first kind of error (false detection) when analysing a cell with number q ($q= 1, 2, \dots, N-1$) that does not contain a signal at the first and second detection stages;

D_1, D_2 - probability of the second type of error (signal miss) when analysing the cell with number N at the first and second detection stages;

P_i - he probability of starting viewing from the i -th cell ($i= 1, 2, \dots, N$).

According to the relation (1) in [4], the calculated dependences of the probability of successful completion of the search for a given time in the frequency-time domain on the search time for the case with one and two degrees of detection are given (Fig.2).

Analysis of the above data shows that the probability of successful completion of the search for the analysis time $t_a = 1$ sec is $P_1 = 0.341$ and $P_2 = 0.788$, respectively, with one and two detection levels, which requires further improvement of the search procedure in order to increase the probability and speed of successful completion of the detection of RS (search efficiency).

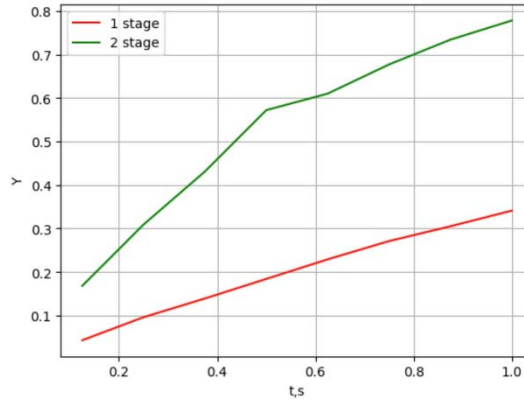


Figure 2 – Probability of successful completion of the search for a given time

Main part. To achieve this goal, a mathematical model of a single-channel search for signals of mobile radio communications with two stages of detection in the frequency-time domain was chosen as a prototype [4]. In contrast to the prototype, in the cyclic procedure with three stages of detection, the search for radio signals of the RS is carried out as follows. At the first stage, the signal is detected in each of the N analysed channels within the time t_{a1} which is less than the signal analysis time during the search with one detection stage. If a signal is detected, the second stage is activated for time t_{a2} . If a signal is detected at the second stage, the third stage starts to operate for time t_{a3} .

Thus, one of the conditions for a search with three stages of detection is the inequality $ta_2 < ta_2 < ta_3$. The search for a signal can be completed either on the first cycle (when the search area is first viewed) or after some random number of cycles, and the duration of each cycle is a random value due to the time spent analysing signals in the channels. The time taken to analyse the signal in each channel can have three values: t_{a1} , $t_{a1}+t_{a2}$ and $t_{a1}+t_{a2}+t_{a3}$.

According to the rules of graph transformation [5, 6], we obtained expressions for the functions of transition of a graph from the initial state S to the absorbing state H , which corresponds to the successful completion of the search (correct recognition):

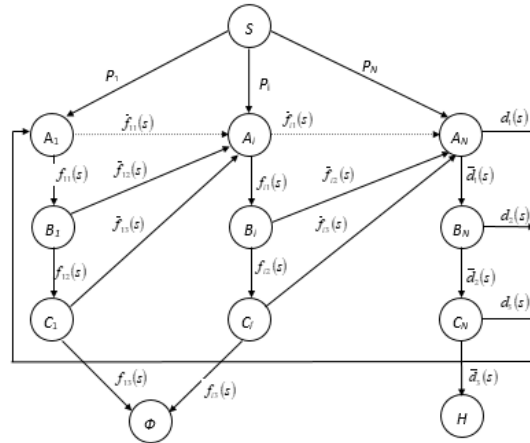


Figure 3 – Graph of a cyclic single-channel search procedure with three stages of detection.

$$H(s) = \frac{\bar{d}_1(s)\bar{d}_2(s)\bar{d}_3(s)\sum_{i=1}^N P_i \alpha}{1 - [d_1(s) + \bar{d}_1(s)d_2(s) + \bar{d}_1(s)\bar{d}_2(s)d_3(s)]\alpha}, \quad (2)$$

where:

$$\begin{aligned} \alpha &= \prod_{q=1}^{N-1} [1 - f_{q1}(s)f_{q2}(s)f_{q3}(s)], \\ d_1(s) &= D_1 e^{-t_{a1}s}, \quad d_2(s) = D_2 e^{-t_{a2}s}, \\ d_3(s) &= D_3 e^{-t_{a3}s}, \\ \bar{d}_1(s) &= (1 - D_1) e^{-t_{a1}s}, \quad \bar{d}_2(s) = (1 - D_2) e^{-t_{a2}s}, \\ \bar{d}_3(s) &= (1 - D_3) e^{-t_{a3}s}, \\ f_{q1}(s) &= F_{q1} e^{-t_{a1}s}, \quad f_{q2}(s) = F_{q2} e^{-t_{a2}s}, \\ f_{q3}(s) &= F_{q3} e^{-t_{a3}s} \end{aligned} \quad (3)$$

where F_{q1}, F_{q2}, F_{q3} are the probabilities of the first kind of error (false detection) when analysing a cell with number q ($q= 1, 2, \dots, N-1$) that does not hold the signal at the first, second and third detection stages;

D_1, D_2, D_3 - probabilities of the second kind of error (signal miss) when analysing a cell with number N at the first, second and third detection stages;

P_i - probability of starting viewing from the i -th cell ($i= 1, 2, \dots, N$).

Provided that the moments of signal appearance within the search area are uniformly distributed and that the search subsystem uses the same type of RRD,

$$F_{q1} = F_1, \quad F_{q2} = F_2, \quad F_{q3} = F_3$$

then after representing $H(s)$ as a geometric series and performing the inverse Laplace transform [5, 6], the expression for the probability of successful completion of the search for a given time in the frequency domain with three stages takes the form:

$$\begin{aligned} P_p^f(t) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{n=0}^{\infty} \sum_r \frac{r!}{r_1! r_2! r_3!} (1 - D_1)(1 - D_2)(1 - D_3) \times D_1^{r_1} [(1 - D_1)D_2]^{r_2} [(1 - D_1)(1 - D_2)D_3]^{r_3} \times \\ &\times \sum_l \frac{l!}{l_1! l_2! l_3!} (1 - F_1)^{l_1} [F_1(1 - F_2)]^{l_2} [F_1 F_2(1 - F_3)]^{l_3} \times \\ &\times h \left[\begin{aligned} &t - t_{a1} \left(\sum_{v=1}^3 r_v + \sum_{v=1}^3 l_v + 1 \right) \\ &- t_{a2} \left(\sum_{v=2}^3 r_v + \sum_{v=2}^3 l_v + 1 \right) - t_{a3} (r_3 + l_3 + 1) \end{aligned} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

means $\sum_l$ that you need to take the sum of different terms of the form

$$\frac{l!}{l_1!l_2!l_3!} a_1^{l_1} a_2^{l_2} a_3^{l_3};$$

r_1, r_2, r_3 - any integers or zeros whose sum is equal:

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = n,$$

(5)

l_1, l_2, l_3 - arbitrary integers or zeros, the sum of which is defined as

$$l = l_1 + l_2 + l_3 = n(N-1) + N - i$$

(6)

To calculate the probability of successful completion of the search for a given time in the frequency domain with three degrees of detection, it is necessary for each i to sum all components with indices $n, r_1, r_2, r_3, l_1, l_2, l_3$, satisfying the inequalities:

$$\begin{aligned} & t_{a1} \left(\sum_{v=1}^3 r_v + \sum_{v=1}^3 l_v + 1 \right) + \\ & t_{a2} \left(\sum_{v=2}^3 r_v + \sum_{v=2}^3 l_v + 1 \right) \times \cdot \\ & + t_{a3} (r_3 + l_3 + 1) \leq t \end{aligned}$$

(7)

As with the search for RS signals with one and two detection stages, it is necessary to take into account, along with the frequency coincidence, the time coincidence in one channel of the desired signal.

The description of the state of a single-channel subsystem for searching for signals with three detection stages in the time domain is similar to the case of searching for signals with one and two stages [3,4]. But the time spent on analysing a signal in one channel will already have three values: t_{a1} in the case when only the first stage is involved, $t_{a1} + t_{a2}$ in the case when two stages are involved, and $t_{a1} + t_{a2} + t_{a3}$ in the case when three detection stages are involved. The time of channel analysis when a signal is detected is equal to the sum of $t_{a1} + t_{a2} + t_{a3}$. Taking this into account, the time of one search cycle T is defined as

$$\begin{aligned} T = & t_{a1}N + t_{a2}(1 - D_1 + (N-1)F_1) + \\ & + t_{a3}[(1 - D_1)(1 - D_2) + (N-1)F_1F_2]. \end{aligned}$$

(8)

To calculate the probability of an RRD and a signal meeting during the time t_a of analysing N channels, we use the basic provisions of the theory of geometric probabilities similar to the case of a search with a single detection stage [5, 6]. Then the time of signal analysis in one channel t_a is

$$\begin{aligned} t_a = \frac{T}{N} = & t_{a1} + t_{a2} \frac{1 - D_1 + (N-1)F_1}{N} + \\ & + t_{a3} \frac{(1 - D_1)(1 - D_2) + (N-1)F_1F_2}{N} \end{aligned}$$

(9)

Taking into account the above, the expression for calculating the probability of successful completion of a search with three degrees of detection in the time domain in one viewing cycle will be as follows:

$$P_p^t = \frac{N(\tau_c - t_{a1}) - t_{a2}(1 - D_1 + (N-1)F_1) - t_{a3}[(1 - D_1)(1 - D_2) + (N-1)F_1F_2]}{N \left[\tau_c + Nt_{a1} + t_{a2}(1 - D_1 + (N-1)F_1) + t_{a3}[(1 - D_1)(1 - D_2) + (N-1)F_1F_2] \right]} \quad (10)$$

The fact of simultaneous detection of a signal in the frequency and time domains of the search can be considered as independent random events. Then the expression for determining the probability of successful completion of the search for a given time in the frequency-time domain with three degrees of detection can be as follows:

$$P_p(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{n=0}^{\infty} \sum_r \frac{r!}{r_1!r_2!r_3!} \times (1 - D_1)(1 - D_2)(1 - D_3) P_p^{t^3} \times \\ \times [1 - (1 - D_1)P_p^t]^{r_1} [(1 - D_1)P_p^t(1 - (1 - D_2)P_p^t)]^{r_2} \times \\ \times [(1 - D_1)(1 - D_2)P_p^{t^2}(1 - (1 - D_3)P_p^t)]^{r_3} \times \\ \times \sum_l \frac{l!}{l_1!l_2!l_3!} (1 - F_1)^{l_1} [F_1(1 - F_2)]^{l_2} [F_1F_2(1 - F_3)]^{l_3} \times \\ \times h \left[t - t_{a1} \left(\sum_{v=1}^3 r_v + \sum_{v=1}^3 l_v + 1 \right) - t_{a2} \left(\sum_{v=2}^3 r_v + \sum_{v=2}^3 l_v + 1 \right) - t_{a3}(r_3 + l_3 + 1) \right] \quad (11)$$

To calculate the probability of successful completion of the search for a given time in the frequency-time domain with three stages in expression (11), it is necessary for each i to sum all the components with indices $n, r_1, r_2, r_3, l_1, l_2, l_3$, satisfying inequalities (7).

Thus, the cyclic procedure for searching for RS for a given time in the frequency-time domain with three stages is mathematically described.

To evaluate the effectiveness of the considered procedure, the dependences of the probability of successful completion of the search for a given time in the frequency-time domain on the search time for cases with one, two, and three stages of detection were calculated and plotted against the search time (Fig. 3).

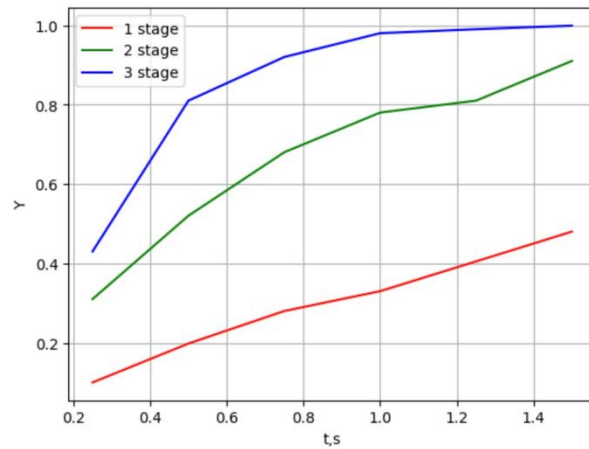


Figure 4 – Dependence of the probability of successful completion of the search for a given time in the frequency-time domain on the search time with different number of detection degrees

When constructing these dependencies, the following were assumed: $\tau_c = 100$ ms, $F_1 = F_2 = F_3 = 0.001$, $N = 8$, the analysis time at each subsequent detection stage is 3 times longer than at the previous one. The total signal analysis time at all detection stages is $t_a = 40$ ms. The probability of a signal miss at the last stage was taken as $P = 0.1$.

The probability of signal miss at the previous stages was determined by the Neumann-Pearson criterion [5,6] at the given values of the probability of false detection. It is taken into account that the detection parameter (signal-to-noise ratio) is inversely proportional to the duration of signal analysis [7], and the signal is detected with a random amplitude and phase.

Conclusions. The analysis of the obtained results shows that in order to increase the efficiency of searching for RS signals, it is advisable to use cyclic search procedures with several stages - multistage detection. The use of the procedure for searching for RSI with one stage of detection is inefficient, but the time required to successfully complete the search is minimal. The introduction of the second stage makes it possible to significantly increase the probability of successful completion of the search for a given time by an average of 2.5 times compared to the search with one stage of detection, and can be recommended for use in practice. The use of a cyclic procedure for detecting RS with three stages further increases the probability of successful completion of the search within a given time by 1.3 times compared to the search with two stages of detection. In this case, this probability tends to one, which suggests that further increase in the number of stages becomes inappropriate.

In addition, it is possible to increase the probability and reduce the average time of successful completion of the search for RSI by parallel operation of several RFPs, each of which performs an independent cyclic signal search. That is, there is a scientific and practical task to consider the procedures of multichannel (sequentially parallel) search for RSI and determine the rationally required number of RFPs, which makes it possible to ensure the required probability of successful completion of the signal search for a given time. However, these issues are beyond the scope of this article, require separate analysis and can be considered as areas for further research.

REFERENCES:

1. Ilchenko M.Iu., Kravchuk S.O. Telekomunikatsiini systemy. – Kyiv: Naukova dumka, 2017. – 730 s.
2. Ilnytskyi A.I., Zakharchuk L.V. Problemni pytannia radiomonitorynhu dzherel i ob'ektiv telekomunikatsiinykh merezh i system ta zahalno-naukovyi kontseptualnyi pidkhid do yikh rozv'iazannia. III Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Systemy i tekhnolohii zviazku, informatsii ta kiberbezpeky: aktualni pytannia i tendentsii rozvytku» 30 lystopadu 2023 r. Viiskovyi instytut telekomunikatsii ta informatsii imeni Heroiv Krut. Zbirnyk tez dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii.- Kyiv, 2023 – S.167 (ISBN 978-617-7689-05)
3. Ilnytskyi A.I., Zakharchuk L.V. Matematychna model odnokanalnoho poshuku syhnaliv zasobiv mobilnoho radiozviazku z odnym stupenem vyivlennia v chastotno-chasovii oblasti. - Kyiv: Viiskovyi instytut telekomunikatsii ta informatsii imeni Heroiv Krut. Zbirnyk naukovykh prats “Systemy i tekhnolohii zviazku, informatyzatsii ta kiberbezpeky” № 5, 2024 – c. 71-77 ISSN Print: 2786-6610 <https://doi.org/10.58254/viti.5.2024.06.7>
4. Ilnytskyi A., Tsukanov O., Symonenko O., Yurii Pepa Yu., Petrenko A. Matematychna model odnokanalnoho poshuku syhnaliv z dvoma stupeniamy vyivlennia pry radiochastotnomu monitorynhu telekomunikatsiinykh system mobilnoho zviazku.- // - Pidvodni tehnologii, Tom 2 № 15 (2024) s. 10-17 SMART TECHNOLOGIES 2(15) DOI: <https://doi.org/10.32347/uwt.2024.15> 2024-11-26.
5. Grimmett, G. R., Stirzaker D. R. Probability and Random Processes. New York: Oxford University Press Inc., 2001. 596 p.
6. Hniedenko B. V. Kurs teorii ymovirnostei. - K.: VPTs Kyivskyi universytet, 2010. - 464 s.
7. Ilnytskyi A.I., Stretovych O.V. Alhorytmy dekoduvannia tonalnykh syhnaliv v kompleksakh rozvidky system rukhomoho radiozviazku // Trudy akademii. – K.: NAO MOU. – 2005.– № 65. – S. 70–75.

ЦИКЛІЧНА ТРИЕТАПНА ПРОЦЕДУРА ОДНОКАНАЛЬНОГО ВИЯВЛЕННЯ РУХОМИХ РАДІОСИГНАЛІВ У ЧАСТОТНО-ЧАСОВІЙ ОБЛАСТІ

В умовах повномасштабного вторгнення та військових дій за незалежність України питання радіомоніторингу джерел радіовипромінювання телекомунікаційних мереж і систем набувають особливої уваги та потребують принципово нових підходів до рівня інформатизації, технічної реалізації та підвищення їх ефективності.

На сьогодні технічні засоби радіоперехоплення, моніторингу та пеленгування в мережах рухомого радіозв'язку реалізуються у вигляді програмно-апаратних комплексів, найважливішими показниками ефективності яких є швидкодія, точність виявлення та достовірність розпізнавання засобів рухомого радіозв'язку з їх інформаційним наповненням. Разом з тим, ці питання все ще залишаються проблемними і потребують подальшого розвитку методів і засобів пошуку та виявлення сигналів засобів рухомого радіозв'язку як у частотному, так і в часовому середовищах телекомунікаційних каналів зв'язку та їх подальшої інформаційної обробки.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано циклічну процедуру одноканального пошуку сигналів рухомого радіозв'язку з трьома етапами виявлення в частотно-часовій області та її математичну модель. Показано, що використання циклічної процедури одноканального пошуку сигналів рухомих засобів радіозв'язку з трьома етапами виявлення в частотно-часовій області забезпечить високу якість радіомоніторингу та ефективність оцінювання спектральних складових радіосигналів за показниками швидкості, точності виявлення та ймовірності розпізнавання рухомих засобів радіозв'язку з подальшим визначенням їх інформаційного змісту.

Ключові слова: радіомоніторинг, телекомунікаційні мережі, системи мобільного зв'язку, показники ефективності, швидкість, точність виявлення, вірогідність розпізнавання.

A DUEL BETWEEN THE TACTICS OF THE "SECOND" ARMY OF THE WORLD AND THE UKRAINIAN DEFENCE FORCES IN THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR IN THE PERIOD FROM FEBRUARY 2022 TO NOVEMBER 2023

The article outlines the chronology of the invasion of Ukraine by russian troops from February 2022 to November 2023. Using the analytical and predictive methodology, the author identifies the strategy of the russian occupation forces (ROF), the reasons for the use of certain tactics of warfare by both sides, analyses the general capabilities of the russian federation in further aggression, and draws conclusions from the experience of combat operations gained in the context of the russian-Ukrainian war that are relevant and in demand for the development of modern military art.

In addition, the paper uses a comparative and analytical analysis and empirical research method to explore the forms and methods of combat operations of the russian federation and the Ukrainian Defense Forces during the period under consideration. For convenience, clarity and systematization of research, the russian-Ukrainian war is divided into conditional time periods.

Drawing on a range of sources, including official documents, historical records, and media reports, the authors of the paper offer insights into combat episodes where novel tactics were employed or those that bear resemblance to past wars, highlighting their potential implications. The authors have analysed the atypical tactics used by the Ukrainian Defense Forces (UDF) and the ROF, exploring the reasons behind their utilisation and the consequences they have entailed.

The paper identifies the relationship between the emergence and trends in the development of new types and models of weapons and military equipment, and their impact on the methods and forms of combat operations during the russian-Ukrainian war. The author examines the compatibility of combat use and interaction of obsolete types of weapons and military equipment with modern models, and provides a general description of the russian-Ukrainian war.

Keywords: *the russian-Ukrainian war, tactics, strategy, combat operations, armament and military equipment.*

Formation of the problem. Ukraine's aspiration to develop relations with the European Union was first proclaimed in the Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine of 2 July 1993 “On the Principles of Foreign Policy of Ukraine”. Since then, economic, political, and social problems in relations between Ukraine and the russian federation have been developing, which have included a ban on imports of various goods, unjustified accusations of Ukraine of transiting gas and oil, undermining the country's political and economic reputation, etc. The reasons that prompted the russian authorities to take such actions are quite complex: from the imperial mentality of the russians, aimed not at building their own state but at enslaving neighbouring nations, to the desire to retain control over the production facilities of the former USSR and guaranteed commercial markets. After the collapse of the USSR, russia traditionally viewed relations with Ukraine in the context of its own global geopolitical interests. Therefore, on the night of 24.02.2022, putin announced the beginning of the so-called “special military operation” (SMO) against Ukraine, with the aim of demilitarising and denazifying it.

The aggravation of these relations resulted in russia's armed aggression against Ukraine, the active phase of which began with the open invasion of Ukraine by the russian Armed Forces. The offensive was carried out simultaneously on a wide front of about 1200-1500 km from three main directions, such as:

- Northern-from the territory of Belarus through the cities of Pripyat and Chernobyl to Kyiv, from the territory of Belarus and Bryansk region of the russian federation through Chernihiv region and from the territory of Kursk region of the russian federation through Sumy region, with further

development of success in Kyiv and from the territory of Belgorod region of the Russian Federation to Kharkiv;

- North-eastern - from the occupied territory of Luhansk and Donetsk regions towards the cities of Kharkiv, Zaporizhzhia and Mariupol;

- southern - from the occupied Crimea to the cities of Melitopol and Kherson, followed by the capture of the cities of Mykolaiv and Odesa, with the aim of cutting off Ukraine from the Azov and Black Seas and reuniting with the territory of the unrecognised Transnistrian Moldovan Republic.

To accomplish this mission, the Russian Armed Forces Command developed a so-called “*blitzkrieg*” plan, which envisaged the capture of Kyiv in three days and eastern and southern Ukraine in two to three weeks, followed by the deprivation of Ukraine’s statehood.

In the aftermath of the Second World War, the study of this event remains pertinent not only for Ukraine as a sovereign state, but also for the broader global community. The war had a direct or indirect impact on international political relations, the economy, and the security situation in numerous countries. The military events that spanned over 1,000 kilometres of frontline necessitated the utilisation of substantial quantities of ammunition, weapons, and military equipment, which have become increasingly scarce over time. Western partners have been providing the Ukrainian Armed Forces with NATO-standard ammunition and relatively new weapons and equipment with tactical and technical characteristics suitable for effective combat operations. In contrast, the ROF has faced significant challenges, including substantial losses and the inability of the domestic industry to produce the necessary amount of modern weapons and equipment. As a result, the ROF began receiving samples of weapons and equipment produced in the 1950s and 1960s in the second half of 2023. At the same time, due to the lack of ammunition and weapons and military equipment, their substitutes are emerging – high-tech weapons and military equipment that operate on the latest physical principles of use and control. Problems arise in the UDF or ROF when choosing tactics, therefore the study of the reasons for decisions on the choice of tactics in specific combat situations is relevant.

Analysis of previous studies. It is worth noting that there is a paucity of scientific works on a thorough study and analysis of the Russian-Ukrainian war. Among the existing ones, we can distinguish such works as [1-3], which only reveal the chronology of the Russian-Ukrainian war and provide a general description that it is similar to past wars, without providing substantiated arguments or evidence. As Y. Saveliev noted in his work [4], science should explain phenomena, not just measure them. It is possible to use specialised literature to study the events of the war [5]. However, these works cover only the documented chronology and statistics of combat episodes (situations). They do not contain a generalised scientific comparison and analysis of the impact on the course of events of the latest and outdated models of weapons and military equipment, their compatibility and interaction, no analytical forecasting and no definition of the general nature of the Russian-Ukrainian war.

Therefore, it may be advisable to investigate the reasons for the use of tactics, what it depended on and what results it led to during the period of the Russian-Ukrainian war defined in this paper, using comparative and analytical analysis and the empirical method.

Results. According to the plan of aggression, the Russian leadership chose the concept of a rapid war with a simultaneous invasion of a large mass of troops, which was developed in the mid-nineteenth century by Prussian Field Marshal H. Moltke and improved by Prussian Field Marshal A. Schlieffen. The strategy of lightning war was chosen because Russian President V. Putin has become a hostage to his propaganda, which for two decades has praised the Russian army, armed with weapons that are unparalleled in the world. He still believes that his army is second only to the US armed forces in terms of power (and then only in terms of conventional weapons).

Military campaign: February-May 2022. On the morning of 24 February 2022, several dozen Russian helicopters, having illegally crossed the state border, flew to the city of Hostomel to seize the Antonov airfield and then receive transport aircraft with troops, the purpose of which was to seize Kyiv. However, units of National Guard of Ukraine (NGU) fought back, shooting down

several helicopters and two IL-76s with troops. After fierce fighting, the airfield was captured, but the NGU units managed to destroy the runway. At the same time, the *ROF* launched air and missile strikes on Ukraine's border and major cities and military facilities (command posts, military units, airfields, etc.) to exert military and psychological pressure on the population of the country, with the aim of breaking the will of the people to resist [6].

After the unsuccessful airborne operation, the Russian leadership launched the following tactic of a “*massive offensive with mixed convoys*” (tanks, APCs (IFVs), armoured vehicles, trucks, petrol refuellers, etc.), where army groups conduct offensive actions at a high pace in the first two to three days. The purpose of this strategy was to push through the defensive positions of the Ukrainian Defence Forces (UDF) with a mass of troops and defeat their main forces in a short period of time.

The convoys stretched up to 40-60 km in some directions. Although the tactic of attacking in massed convoys significantly limited the manoeuvrability of troops, caused interruptions in the supply of fuel for armoured vehicles and traffic congestions, the occupier generally managed to maintain a slow advance of troops towards Kyiv, Chernihiv and Sumy. Along the routes of the convoys, the Russians set up roadblocks and seized individual settlements with their subsequent looting. If they encountered resistance on the approach to district centres, the occupiers blocked them, bypassed them and continued to advance their convoys. If they encountered Ukrainian platoon or company strongholds prepared for defence or battalion or unit defence areas, the main *ROF* deployed in combat formation and launched an attack on the move according to the following algorithm [6]:

- from the very beginning, there was a reconnaissance by fire: groups of combat vehicles (2-3 IFVs with a tank) were advanced, supported by a group of infantry. From a distance of 1 km or more, the tanks would hit the frontline defence positions, and the IFVs under their cover would continue to close in;

- upon discovering the firing positions of the artillery of the *UDF*, the Russian units that were conducting reconnaissance by fire stopped and retreated to a safe distance from the shell explosions of their own artillery (aviation), which was trying to suppress the Ukrainian artillery with its fire. After the artillery (aviation) strike was completed, the attack on the front line by the units of the first echelon of Russian troops began;

- if the attacking units were successful and in order to continue the success, the reserve of BTGr was introduced into the battle and attempts were made to cover the defending *UDF* in order to complete their defeat or force them to withdraw from the defensive positions;

- In the absence of success in the offensive and with significant losses in personnel and equipment, part of the *ROF* retreated and used tanks, IFVs (APCs), grenade launchers and mortars to pin down the defending forces. At the same time, aviation, missile troops and artillery (MT&A) suppressed the identified UDF targets. Another part of the *ROF* tried to block the roads (evacuation and supply routes) around the battle area.

It seems that the northern direction was unexpected for the military leadership of Ukraine, as the *UDF* were very dispersed. There was also the effect of surprise, as a result of which some military units did not have time to deploy and take up defensive positions. Therefore, those brigades that managed to reach these positions began to conduct manoeuvre defence on a wide front. For example, in the Kharkiv sector, the 92nd Separate Mechanized Brigade's defence line, which included the 3rd Mechanised Battalion (MB), an Infantry Battalion (IB) and a Tank Battalion (TB), was about 124 km wide and about 52 km deep..

Thus, at the beginning of the full-scale war, the *ROF* used an “*atypical*” method of offensive actions – moving in convoys, focusing on night rest in or near settlements, conducting offensive actions in marching and pre-combat orders, i.e. “hasty”.

The JFO command managed to create mobile tactical groups (MTGs), mobile anti-tank fire teams (MATFTs) and manoeuvre fire teams (MFTs) for attacking (assault) operations. The manoeuvre defence was conducted with the extensive use of fire ambushes by the MATFTs operating in front of the battalions' defence front. The advancing columns of the occupiers were

stopped by ambushes and the MATFTs and destroyed by fire from brigade artillery groups (BrAGs) and mortar batteries of the battalions [7].

Thus, during one day of fighting, the MFT of one of the mechanised brigades of the UDF destroyed 18 tanks on the route of advance.

Ukrainian BrAG units, mortar batteries and anti-tank platoons of mechanised battalions took an active part in engaging the enemy. The amount of fire missions performed was about 25–30 per day on average. Whenever possible, one or two UAV (or drone) crews per firing platoon (battery) were formed. Radar stations were also used to support firing.

As a rule, *MTGr* were attached to separate mechanised brigades (SMBr), the size and composition of which depended on the peculiarities and specifics of their use, assigned tasks, theatre of operations, etc. However, the basis of each mechanised brigade was to be assets of mechanised, tank, artillery and anti-aircraft units. The *MTGr* included anti-tank units, mortars and grenade launchers, as well as units of other arms of the armed forces (reconnaissance, engineering, CBRN, communications, etc.), logistics and medical support. In addition, the *MTGr* were equipped with modern armaments and military equipment of domestic and foreign production, in particular, man-portable anti-tank guided missiles (ATGM) such as FGM-148 “Javelin”, lightweight ATGM “NLAW”, grenade launchers “Karl Gustav”, “Panzer Faust”, M72 LAW, M141 (SMAW-D), AT4CS, etc [8].

The *MTGr* was able to perform tasks that arose suddenly during the battle, namely to manoeuvre, deploy to a designated line and cover tank-threatening axes and sectors; to reinforce (if necessary) mechanised units in a potentially dangerous direction; to destroy enemy tactical landing parties and tactical groups that were encircling (bypassing) the combat formations of separate mechanised brigades; to ensure that the group of troops conducts a counterattack (for example, to cover the marching, pre-combat, and combat order of a tank battalion during its advance, deployment, and reaching the counterattack frontier). The *MTGr* was directly subordinate to the commander of the operational (“operational-tactical”) grouping of troops.

The use of the *MATFTs*, which were equipped with Javelin, NLAW, Stugna-P, Corsair, Barrier and other ATGMs, showed that this was a rather effective way to combat enemy tanks and armoured vehicles. The *MATFTs* operated as part of the anti-tank reserve, occupying areas of deployment (“AOD”). Then, when called upon, they quickly moved to the areas of deployment (AOD) to perform the task of destroying enemy armoured targets with 4-7 launches and then leaving the AOD. The targeting of the AOD was based on reconnaissance data from UAVs (drones) that were part of the *MATFTs*.

So, the *MATFTs* began to shoot Russian vehicles in convoys step by step, thus creating traffic congestion. As the Russians advanced, bridges were blown up, further delaying the aggressor.

The MFTs were created to support the actions of territorial defence (TD) units to destroy the enemy, consisting of a squad leader, a machine gunner, a grenade launcher and a grenade launcher assistant. As a rule, the MFT is provided with specially equipped wheeled vehicles such as Toyota Tundra pickups or HMMWVs armed with 12.7 mm heavy machine guns or ATVs with hand-held anti-tank grenade launchers (RPGs) and Javelins.

Thus, the composition of the *MFTs* depended on the TOE of the unit and the tasks it performs. Practice has shown that proper training and all-out support of the *MFTs* guarantees the successful fulfilment of tasks in defence, as part of combat guard, ambushes, watch posts, during blocking, search, patrolling, and assault operations in a settlement.

Due to significant losses in personnel, armament and military equipment, the remnants of the *ROF* fled to their own territory and the territory of Belarus. Kyiv, Zhytomyr, Chernihiv and Sumy regions were completely liberated. The leadership of the Russian Federation regrouped these troops, replenished them with personnel and weapons and deployed them to the east to the Donetsk and Luhansk regions as well as Crimea [9].

As a result of the Russian offensive, the city of Kherson was fully occupied and Kharkiv, Donetsk, Luhansk, Zaporizhzhia, Mykolaiv and Kherson regions were partially occupied [10].

In June-August 2022, during the capture of the cities of Mariupol, Melitopol, Enerhodar with the Zaporizhzhia nuclear power plant, Sievierodonetsk and Lysychansk, the occupiers, using a significant advantage in artillery (70-80 shots per shot of the *UDF* artillery), used the tactic of “*firewall*”, destroying everything in front of them, gradually moving forward. Then, the land component of the *ROF* attacked, clearing the scorched area.

Due to the slow supply of weapons by Western partners, the *UDF* did not have time to accumulate enough forces for offensive actions, so they switched to *positional* and *manoeuvre defence* along the entire front.

With the arrival of the M142 HIMARS in service at the end of June 2022, the war picture changed dramatically, as the *UDF* used the “*kill net*” tactic, which involves a massive, consistent and coordinated fire attack of missile, artillery and air strikes on a defined territory against the logistics infrastructure and the concentration of enemy personnel as well as armament and military equipment, which is still being prepared for deployment in combat formations for combat missions [11].

Faced with fierce resistance from the Ukrainian armed forces, competent and effective use of modern western high-precision weapons and lacking the necessary logistical support, the russian armed forces stopped and switched to defence along almost the entire frontline. During this period, the mobile units of the Special Operations Forces (SOF) of the *UDF* and guerrilla groups proved to be effective, conducting sabotage operations in the rear of the enemy's troops and on the territory of the Russian Federation, destroying critical infrastructure [12].

Due to the significant losses in the *ROF*, such words as demilitarisation and denazification and the seizure of the whole of Ukraine are disappearing from the speeches of Vladimir Putin and other russian leaders and the russian media. The aim of the SMO becomes only the seizure of the entire territory of Luhansk, Donetsk, Zaporizhzhia, Kharkiv and Kherson regions.

Military campaign: September 2022-May 2023. From the end of August to the beginning of November 2022, the *ROF* and the *UDF* were in positional defence, except for Bakhmut, where the enemy was trying to take offensive actions.

Unexpectedly for the enemy, on 5 September 2022, the *Kharkiv counter-offensive* began with the liberation of Balakleya, which resulted in the liberation of the strategically important cities of Izyum and Kupyansk and the blocking of the logistics route (railway) between russian territory and the southern group of the *ROF* [13]. At the end of September, the *Kharkiv counter-offensive* grew into the *Lyman counter-offensive*, with the aim of taking a favourable strategic position for the further liberation of Lysychansk and Sievierodonetsk and the entire Luhansk region [14].

In the areas where the enemy concentrated its main efforts, the *UDF* units increasingly faced active opposition from the PMC Wagner units. By its actions, the enemy tried to exert constant pressure in the selected areas, so the attacks actually had the character of constant *reconnaissance by fire* by small groups of light infantry. The first attack was to reveal the enemy's aerial reconnaissance assets, the firepower of the *UDF* units, and then the reconnaissance was carried out. Therefore, after the attack was repelled, the shelling of the positions of the *UDF* was carried out more massively. Then a new attack was prepared. This allowed the russians to concentrate their forces where the *UDF* had weaker intelligence, fewer armament and less persistence. The enemy continued to use new methods of warfare, testing them with the help of more trained units of the Private Military Company (PMC) Wagner, and then spreading the experience to other infantry units.

To conduct counter-offensive (assault) actions on the Lyman direction, the enemy focused on the use of *assault forces (AF)*, *assault companies (AC)* and *assault platoons (AP)* as the main means of carrying out tasks on the battlefield. In other words, instead of the classic BTGr for the *ROF*, they began to use *assault forces*, which are distinguished by a smaller number of armoured vehicles (instead of a tank company in a BTGr, a tank platoon in the *assault forces*). It was the *assault platoon*, consisting of 12-15 men divided into assault groups of three, that became the main element of the combat formation of the *assault forces*, whose main task for the day was to capture the

Platoon strong point or a certain line of contact.

When fighting in the forest, the enemy used a “*diamond*” formation, with an *assault group of three* in each of the vertices [15].

During the hostilities, closed and open communication channels were used. Each troop had to have a walkie-talkie to communicate with the commander of the *AP*. Each armoured vehicle in the armoured group also had an open communication channel. As a military trick, the enemy used its own variant of the street names and numbering of houses in the settlement under attack. This was done to confuse the Ukrainian defenders.

The enemy paid great attention to the synchronisation of artillery, automatic grenade launchers (AGS) and infantry. It was recommended to fire the AGS-17 only exclusively for indirect fire at a distance of 600 to 1700 metres. Each weapon was assigned a set of targets in advance, no more than five per *AP*. The target could be changed only by order of the commander. The assault infantry had to act immediately (no later than 1 minute) after the end of the artillery shelling of the *UDF* positions.

After capturing the defensive positions of the *UDF*, the enemy used artillery for about 60-90 minutes against previously assigned targets to prevent a counterattack by the *UDF* and give its infantry time to gain a foothold.

If the assault failed, retreat was allowed only at night. The *APs* were allowed to move only through the forest belt or, if in a settlement, only through gaps in fences and walls of houses, which was provided by combat engineers.

After the assault units captured certain areas (objects), they were replaced by “retention” units consisting of reinforced motorised rifle companies (platoons) from the combined arms or *BARS* units or territorial defense forces.

After completing the task, the *AFs* were withdrawn for 1-2 days to recover and rest. After recovery, assault units were again involved in combat operations.

The tactical methods of the *UDF* in defence were as follows:

- active use of UAVs, hidden video cameras, abandoned smartphones with GPS trackers, photo traps and other means of remote surveillance of russian units;
- building a defence in 2-3 lines (positions);
- equipping each defensive position with at least two firing points for machine guns;
- reinforcement of defensive positions with pillboxes made of tree trunks or concrete;
- placing artillery at a distance of 8-10 km from the contact line
- artillery fire from one location for no longer than 15 minutes;
- bringing up reserves 30-40 minutes after the start of hostilities.

During the Kharkiv-Lyman counter-offensive, the russian side lost a significant number of killed, wounded and captured russian military personnel. Fleeing from the *UDF*, the russians left behind everything they had, so the Ukrainian side obtained a huge amount of trophy military equipment and armament. Therefore, on 21.09.2022, Putin announced a partial mobilisation with an attempt to recruit about 300 thousand people.

The southern direction differed from the northern and eastern ones in that the Kherson region is a whole steppe, i.e. a plain where it is impossible to hide or carry out any covert actions. Therefore, the *UDF*, while preserving their men, gradually and slowly pushed the russians out of their positions with aviation, rocket and artillery precision fire from a distance.

In early October, Kherson was surrounded by the *UAF* on three sides. The Antonov bridge and the Nova Kakhovka dam were disabled, making it impossible to provide logistical support to the *ROF*. Therefore, the *UDF* conducted the *Kherson offensive* to liberate the regional centre of Kherson region and the territories on the right bank of the Dnipro [16].

The slow offensive of the *UDF* in the Kherson sector had elements of asymmetry. In the domestic and foreign media, this method of warfare was called the “*pushing out*” or “*logistical and fire noose*” tactic, which involves the gradual and systematic distant destruction of enemy logistics [17].

The *UDF* units advanced to a depth of 20 km because they did not assault the three lines of the defence of *ROF*, but attacked from the flank, which disoriented the russians. Over the 24-hour period, the *UDF* units advanced to a depth of 10 to 20 km, while they were penetrating the strongholds of the *ROF*, taking advantage of the bad weather, which did not allow the russians to use artillery effectively. During the offensive, the Ukrainian side completely jammed the russians' communications, thus depriving them of command and control and interoperability between units. In addition, the Ukrainian military showed ingenuity and cleverness and painted the Nazi russian symbols "V" and "Z" on the sides of their vehicles, which led to confusion among the russians in the early days of the hostilities. It indicates that the Ukrainians used the American "*network-centric system*" of battle control, where everyone involved in the battle is marked on a tablet, which helped them to identify where the enemy was and where the friendly units were, including tanks (BMPs, APCs, guns, strongholds, etc.). The enemy, on the other hand, was deprived of this. This tactic also included *active information warfare* to mislead the enemy about the real courses of actions of the *UDF* as well as *distant killing* of the enemy on the front line with long-range GPS-guided howitzers and MLRS using surprise attacks by *MFTs* in direct contact with the enemy [18].

On the morning of 11 November 2022, the *UDF* entered the city of Kherson and liberated the right-bank Kherson region from the russian occupiers.

With the onset of the rainy season, the UAF could not organise a counter-offensive without the support of armoured vehicles that could barely move in the slush. Therefore, all focus was on defensive actions and building up reserves.

The leadership of the *ROF*, taking advantage of the moment of prolonged impassability of roads, ordered the preparation of major defensive positions along the entire front. On the Melitopol, Berdiansk and Tavriya areas, the defences were built in 6 lines, with minefields ranging from 15 to 25 km wide. In other words, for 8 months, the enemy had been intensively preparing to counter the upcoming Ukrainian offensive.

During this period, Putin's ambitious plans gradually faded and the goal of the SMO becomes to hold the seized territories of Donetsk, Luhansk, Zaporizhzhia and Kherson regions and bring the Ukrainian side to the negotiating table on the condition that these territories remain part of Russia.

From November 2022 to May 2023, the main focus of the *UDF* action will be as follows [19]:

- in the north, the Svatovo town, an important point for the logistics of the *ROF*;
- in the centre, the Melitopol city, where the so-called administration of Zaporizhzhia region is located and a large group of occupation troops is concentrated;
- in the south-western part, the Kinburn Spit, from which the whole of Crimea can be controlled and the cruise missiles and UAVs launched on the territory of Ukraine from the Black Sea, Sea of Azov and Caspian Sea can be intercepted..

During the defensive actions (from late May to July 2022) in the cities of Sievierodonetsk and Lysychansk, the enemy again used the tactic of the "firewall", and the *UDF*, during positional defence, the tactics of *urban warfare*, *ambush attacks* and *counterattacks*.

Military campaign: February 2023 - June 2023. In February 2023, during the fierce hostilities near Bakhmut, Russian units used a new tactic, which consisted of a *simultaneous offensive on a 7 km front with a distance of 20-30 m between the occupiers* with active artillery support. The active phase of the offensive lasted about 1 hour, and their troops were coming up to reinforce them for another 3 hours. The clashes that took place in the Bakhmut direction, in particular in Bakhmut and Soledar, demonstrated the testing of a new Russian tactic - *infantry and artillery attacks*, during which the same positions were assaulted with a frequency of 7 to 10 attacks per day: after constant shelling from MLRS, tanks, cannon artillery, mortars, grenade launchers, etc., frontal attacks began [20].

The main force of the enemy during the capture of Soledar and Bakhmut was the PMC Wagner units, which began to massively use small *assault groups*, using the following tactics:

Tactic No. 1: Initially, the first group of up to 8 people, loaded with ammunition and Shmel flamethrowers, moved to the frontline. The task of the group was to reach the frontline (object, etc.)

and gain a foothold, while getting as close as possible to the advanced Ukrainian positions and digging in as quickly as possible, leaving a white rag or other sign on a tree so that the next group could be guided in case of the death of their predecessors and find where the shelters with weapons and ammunition had already been dug. During the engagement, the members of Wagner's group detected Ukrainian firing positions and passed their coordinates to their artillery. At this time, an Orlan UAV or a long-range drone was constantly flying over Ukrainian positions, and a "carousel" of MAVIC 3 drones was also used. As a rule, 120-mm and 82-mm mortars were launched based on the drone operator's data. Up to 10 mortars simultaneously began to suppress the detected Ukrainian position. Artillery preparation could last for several hours in a row.

During this time, the second group was concentrating 500 metres from the first group. It was lighter equipped and under the artillery's cover, it began to advance and assault the Ukrainian position. If the second group failed to take the position, the third and even the fourth would follow. That is, four waves of eight men per Ukrainian position. The "consolidated wave of many assault groups" included a command section of UAV operators that coordinated artillery fire directly from the battlefield. If the artillery succeeded in overwhelming the Ukrainian position, the assault groups cleared the Ukrainian positions using drones, hand grenades and small arms.

Tactic No. 2: Initially, tanks, artillery and mortars were used for several hours. During this time, the assault groups tried to covertly approach the *UDF* positions at a distance of 100 to 250 metres, sometimes up to 50 metres. At the final stage, the members of Wagner's group used grenade launchers. During the last shot from a grenade launcher or mortar, the members of Wagner's group would rush into the trenches in just a few seconds. And melee combat would begin.

Members of the Wagner's group often disguised themselves in the *UDF* uniforms, or in "pixel" or "multicam", which made them difficult to identify, especially in conditions of poor visibility or night time combat.

In the course of the defence of Bakhmut, the Ukrainian defenders used a new tactic under pressure from the superior enemy. Slowly retreating, they *mined the remaining buildings*, and when the Russian occupiers entered them, in order to hide from Ukrainian artillery fire, they blew them up. Thus, a huge number of invaders, numbering thousands of people, died under the rubble.

In April, the Ukrainian side began to actively conduct "information warfare" tactics related to the upcoming offensive of the *UDF*.

From 05 June 2023 the Joint Forces launched offensive operations in certain areas of the front and conducted a forming operation for a *decisive offensive*, destroying airfields, ammunition and fuel depots, troops and equipment concentrations, critical infrastructure elements and enemy logistics not only in the tactical but also, thanks to ATACMS and Storm Shadow / SCALP EG missiles, in the operational and strategic depth of the enemy's battle formation.

However, due to the dense mining of defensive positions, where there were up to 5 anti-personnel and anti-tank mines per 1 m² and the superiority of Russian aviation in the air, the *UDF* suffered up to 20% of the losses of weapons and equipment. Therefore, the leadership of the *UDF* used the offensive tactics of the "*pendulum*" or "*Zaluzhny's swing*", which involves the use of artillery, MLRS and aviation fire on several directions, intensifying the strikes first on one, then on the second, and after a while on the third direction, etc. In other words, the *UDF* tested the enemy's defences for strength here and there, shaking them. At the same time, the *UDF* began offensive actions in a completely different direction. Such actions were carried out along the entire front, misleading the enemy.

In order to overcome the mined areas, the Ukrainian command used the tactic of "*pushing out*" or "*gnawing through*", which involves artillery and missile pressure on the enemy's logistics infrastructure and advanced positions and the gradual advance of small assault groups to maximise the lives of personnel.

By early November, the *UDF* were actively defending the approaches to Avdiivka, while the *UDF* were gradually advancing in the Melitopol sector and on the left bank of the Dnipro River, where they captured a bridgehead near the Krynky village. On the rest of the frontline, parity has

been established and both sides have taken up positional defence.

At the end of November, due to the enemy's strong defence, the *UDF* found itself in a position where it was necessary to cease offensive operations and move to positional defence along the entire front.

Conclusions. Summing up the results of this analysis, the following conclusions can be made:

- in the face of a multiple advantage, the russians use simple tactics of a massive offensive in convoys or an artillery firewall, without regard to losses and without saving resources on the principle that victory will write off everything;

- in the face of parity, the *ROF* immediately switches to defence;

- russian armament and military equipment produced in the 80s and 90s of the last century and the outdated views of the leadership of the *ROF* on the conduct of modern technological warfare led to unjustified human losses in the russian-Ukrainian war in terms of dead and wounded as well as significant losses of armament and military equipment. This forced the leadership of the russian Federation to declare mobilisation and to de-mothball military equipment of the 70s and 60s and even 50s and 40s;

- the use of modern methods of warfare is due to the availability of modern weapons that exceed the capabilities of the enemy's armament and military equipment in their tactical and technical characteristics, or the use of advanced and leading technologies and deceptive, covert tricks in actions against him. Having mostly outdated equipment and an outdated school of military theory and practice, the *ROF* has not yet demonstrated these qualities during the war;

- Putin's ambitious totalitarian regime, which does not count losses, still has sufficient human and technical resources at its disposal and will not give up its plan to destroy the Ukrainian nation. Therefore, Ukraine can win this war if Western partners rapidly increase the supply of not only modern armament and military equipment, but also the latest models of weapons based on new physical principles of use.

It is therefore suggested that further research on the dependence and development of military tactics on weapons and military equipment in the russian-Ukrainian war might help to predict the further development of military art in general and the nature of wars and armed conflicts in the future.

REFERENCES:

1. Krasovyts'kyi O., Romanenko Y. ta in. Khronika viyny 2014-2022. Persha polovyna roku povnomasshtabnoyi ahresiyi (24.02.2022–24.08.2022). [Chronicle of the war 2014-2022. The first six months of full-scale aggression]. Kharkiv: Folio, 2022. – 478 p.
2. Vudvord B. Viyna.[War]. SSHA: vyd. Saymon i Shuster. 2024. – 448 p.
3. Fridman L. Rosiys'ko-ukrayins'ka viyna i maybutnye. Na rezul'tat vplyvatymut ne lyshe tekhnolohiyi. [The Russian-Ukrainian War and the Future. The Outcome Will Be Influenced Not Only by Technology], https://ipress.ua/articles/rosiysko_ukrainska_viyna_i_maybutnie_na_rezultat_vplyvaty_mut_ne_lyshe_tehnologii_lourens_fridman_353429.html.
4. Savel'yev YU. Suchasnyy stan porivnyal'nykh sotsial'nykh doslidzhen [The current state of comparative social research]. // Sotsiolohiya: teoriya, metody, marketynh. Naukove zhyttya. № 1, 2014. – pp. 218–221, [https://file:///C:/Users/Home/Downloads/stmm_2014_1_20%20\(1\).pdf](https://file:///C:/Users/Home/Downloads/stmm_2014_1_20%20(1).pdf).
5. Kharuk A., Zelenyy V. Ofitsiyni ukrayins'ki vydannya pro rosiys'ko-ukrayins'ku viynu ta yikh vykorystannya v istorychnykh doslidzhenniyakh. [Official Ukrainian publications about the Russo-Ukrainian War and their use in historical research]. Viys'kovo-naukovyy visnyk. № 40. Natsional'nyy universytet viys'kovykh nauk imeni het'mana Petra Sahaydachnoho. L'viv, 2023. – 330 p.
6. Voyenno-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Lyutyi–berezniy 2022. [Military-historical description of the Russian-Ukrainian war. February–March 2022]. Kyiv, 2022. – 112 p.
7. Ostapchuk O., Topal's'kyi V. Voyenno-politychna sytuatsiya pid chas rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny (lyutyi–cherny 2022). [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war (February–June 2022)] Zbirnyk informatsiyno-analitychnykh materialiv Kyiv: Vydavnytstvo. Tsentr uchbovoyi literatury, 2024. – 106 p.
8. Dovidnyk-kataloh. Zbroya rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny 2022-2023 rokiv. [Directory-catalog.

Weapons of the Russian-Ukrainian War of 2022-2023]. Kyiv, 2024. – 237 p.

9. Viys'kovo-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Kviten 2022. [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war. April 2022]. Kyiv, 2022. – 148 p.

10. Viys'kovo-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Traven 2022 [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war. May 2022]. Kyiv, 2022. – 131 p.

11. Viys'kovo-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Cherven 2022. [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war. June 2022]. Kyiv, 2022. – 129 p.

12. Viys'kovo-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Lypen 2022. [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war. July 2022]. Kyiv, 2022. – 164 p.

13. Viys'kovo-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Lypen 2022. [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war. September 2022]. Kyiv, 2022. – 169 p.

14. The year of the war for freedom: Viys'kovo-istorychnyy narys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny (24.02.2022-24.02.2023) u chotyrokhn knykhakh. [Military-historical sketch of the Russian-Ukrainian war (24.02.2022- 24.02.2023) in four books]. Knyha I. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 2023. – pp. 222–225.

15. The year of the war for freedom: Viys'kovo-istorychnyy narys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny (24.02.2022-24.02.2023) u chotyrokhn knykhakh. [Military-historical sketch of the Russian-Ukrainian war (24.02.2022- 24.02.2023) in four books]. Knyha II. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 2023. – 198 p.

16. Viys'kovo-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Lypen 2022. [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war. October 2022]. Kyiv, 2022. – 190 p.

17. The year of the war for freedom: Viys'kovo-istorychnyy narys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny (24.02.2022-24.02.2023) u chotyrokhn knykhakh. [Military-historical sketch of the Russian-Ukrainian war (24.02.2022- 24.02.2023) in four books]. Knyha III. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 2023. – 198 p.

18. Drapatyy M. Teche krov Dniptom. Khersons'ka nastupal'na operatsiya. [Blood flows down the Dnieper. Kherson offensive operation]. Kyiv, 2024. – 12 p.

19. Viys'kovo-istorychnyy opys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Lystopad 2022. [Military and political situation during the Russian-Ukrainian war. September 2022]. Kyiv, 2022. – 165 p.

20. The year of the war for freedom: Viys'kovo-istorychnyy narys rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny (24.02.2022-24.02.2023) u chotyrokhn knykhakh. [Military-historical sketch of the Russian-Ukrainian war (24.02.2022- 24.02.2023) in four books]. Knyha IV. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 2023. – 267 p.

к. військ. н. Варакута В.П., Варакута М.В.

ПОЄДИНОК МІЖ ТАКТИКОЮ “ДРУГОЇ” АРМІЇ СВІТУ ТА СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ В РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ ЗА ПЕРІОД З ЛЮТОГО 2022 ДО ЛИСТОПАДА 2023

У роботі прослідковано хронологію вторгнення російських військ в Україну з лютого 2022 до листопаду 2023 року. За допомогою аналітичної та прогностичної методології, визначено стратегію дій російські окупаційні війська (РОВ), причини застосування тієї чи іншої тактики ведення бойових дій обома сторонами, проаналізовано загальні можливості РФ у подальшій агресії, зроблено висновки з досвіду бойових дій, отриманих у контексті російсько-української війни, що є актуальними і затребуваними для розвитку сучасного воєнного мистецтва.

Крім того, використовуючи порівняльно-аналітичний аналіз та емпіричний метод дослідження, у роботі проведений аналіз форм та способів бойових дій сил вторгнення російської федерації та Сил оборони України за період часу, який розглядається. Для зручності, наочності та систематизації досліджень російсько-українська війна поділена на умовні часові періоди.

На основі службових, документальних, історичних та відкритих джерел засобів масової інформації (ЗМІ) авторами роботи описано та проведено дослідження бойових епізодів війни, в яких розроблялися нові тактики або ті, що за своєю суттю нагадували тактики минулих війн з позитивним чи негативним результатами.

Автори проаналізували не типові тактики, використані Силами оборони України (СоУ) та РОВ визначили причини їх застосування, та до яких наслідків вони призвели.

У роботі визначено причинно-наслідковий зв'язок появи та тенденції розвитку нових видів і зразків озброєння та військової техніки, вплив їх на способи і форми бойових дій під час російсько-української війни. Проаналізовано сумісність бойового застосування і взаємодію застарілих видів озброєння і військової техніки з сучасними зразками та надана загальна характеристика російсько-українській війні.

ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД ОБЧИСЛЕННЯ МОМЕНТІВ ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ РЕЛЕЙНОГО УПРАВЛІННЯ В ЗАДАЧАХ МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОДІЇ

Динамічні якості типових слідкуючих систем, що використовуються для управління положенням стовбура зброї, антен РЛС, пускових установок і т. ін., описуються диференційними рівняннями високого порядку. Відома в теорії автоматичного керування теорема про n -інтервали, доказана О. А. Фельдбаумом, вимагає здійснювати n керуючих діянь, що призводить до підвищеного зносу релейних перемикаючих пристроїв і потребує достатньо довгого часу на розрахунок моментів оптимального релейного управління. У зв'язку з цим виникають обмеження застосування оптимального управління малоінерційними системами. Це означає, що при технічній реалізації швидкого автоматичного цілевказання потрібно реалізувати оптимальний за швидкодією перехідний процес у системі автоматичного управління з великою кількістю переключень керуючого діяння. На практиці є небажаним робота приводу з частими переключеннями. Це призводить до великого навантаження, знижує його надійність та спричиняє швидкий знос його елементів. Це, в свою чергу, призводить до зниження надійності приводу та до зниження коефіцієнту бойової готовності зброї. В цьому випадку є доцільним перейти від оптимального управління до квазіоптимального шляхом зниження порядку диференційного рівняння до третього. Оптимізація в цьому випадку реалізується трьома переключеннями інтервалів керуючого діяння і достатньо повно досліджена в роботах багатьох авторів.

Розширити діапазон використання систем оптимального управління в класі малоінерційних об'єктів регулювання можна, якщо заздалегідь розрахувати моменти переключення в оптимальній та квазіоптимальній системах і визначити значення параметру в ці моменти, а потім керувати переключеннями або за програмним (часовим) законом, або по відхиленню фактичного значення параметру від розрахованого в момент переключення.

Задача синтезу оптимальної за швидкодією системи управління зводиться до синтезу такого пристрою управління системою швидкодії, яка б забезпечувала переведення вектору стану керованого об'єкта з початкової точки в кінцеву.

У статті пропонується методика розрахунку моментів переключення керуючого діяння, що створює можливість раціонального переходу від теоретично оптимального до практично реалізованого квазіоптимального управління, збільшуючи швидкодію системи наведення. Величина швидкодії зростає зі зростанням швидкості цілі та зменшенням відстані до неї. Приводи наведення засобів ураження повинні забезпечувати максимальну швидкодію для того, щоб збільшити можливість знищення цілей, які летять з великою швидкістю. Оптимальний за швидкодією процес описується диференційним рівнянням високого порядку. Кількість моментів переключення керуючого діяння дорівнює порядку диференційного рівняння. Це відомо під назвою теореми про n -інтервалів. Отже, задача визначення оптимального управління зводиться до задачі визначення моментів зміни знаку управління і кінцевого значення часу при переведенні об'єкту з однієї точки фазового простору в іншу. В роботі надається методика обчислення моментів часу чисельним методом безпосередньо з рівняння системи. В цьому випадку рішення задачі спрощується та практично не ускладнюється при збільшенні порядку диференційного рівняння та при наявності обмежень на фазові координати об'єкта або у випадку змінної структури об'єкта. Метод також не залежить від виду коренів характеристичного рівняння. Цільова функція мінімізується також чисельним способом. Для її мінімізації використовується метод Нелдера-Міда. Проведений чисельний експеримент підтверджує можливість представлення системи управління n -го порядку еквівалентною системою більш низького порядку.

Ключові слова: моменти переключення, керуюче діяння, система управління, чисельний метод, оптимальне управління, квазіоптимальне управління, швидкодія, перехідний процес.

Вступ та аналіз останніх досліджень. Для забезпечення своєчасного наведення бойових засобів ППО під час знищення високошвидкісних повітряних цілей приводи наведення цих засобів повинні мати високу швидкість. Серед великої кількості оптимальних систем системи, оптимальні за швидкістю займають значне місце. В процесі синтезу оптимальних систем після визначення критерія оптимального управління необхідно обрати принцип і закон управління об'єктом, визначити структурну схему системи регулювання та її елементну базу, розрахувати криву перехідного процесу в системі, визначити моменти зміни знаку і амплітуди керуючого діяння. Теорема про n інтервалів вимагає здійснювати n переключень керуючого діяння, що призводить до швидкого зносу релейних перемикаючих пристроїв і потребує достатньо довгого часу на розрахунок моментів переключення оптимального управління. У зв'язку з цим виникають обмеження застосування оптимального управління малоінерційними системами. В цьому випадку доцільно перейти від оптимального управління до квазіоптимального, знижуючи порядок диференційного рівняння до третього. Це дозволяє реалізувати оптимізацію трьома переключеннями керуючого діяння.

Для вирішення задачі оптимізації необхідно після визначеного критерія оптимальності обрати змінну координату її обмеження та визначити можливість її виміру, траєкторії руху, моменти переключення керуючого діяння і синтезувати систему управління.

Відомо, що оптимальний перехідний процес, що описується лінійним диференціальним рівнянням у випадку максимальної швидкості складається з n інтервалів. Реалізація оптимальної швидкості перехідного процесу стикається з низкою технічних труднощів. Труднощі викликані необхідністю розрахунку кількості інтервалів знакозмінного керуючого діяння. В цій статті показана розробка методики переходу від теоретично оптимального до практично реалізуемого квазіоптимального управління швидкістю перехідного процесу в системах, що описуються диференціальними рівняннями високого порядку. В кожному з інтервалів керуюче діяння змінюється стрибком та приймає постійне значення. При чому знаки керуючого діяння чергуються на сусідніх інтервалах часу. Наприклад спочатку $U = 1$, а потім $U = -1$. Цей факт відомий під назвою теореми про n інтервалів [2].

У статті надається чисельне моделювання процесів для забезпечення вибраного критерія оптимальності – швидкості. При цьому знаходяться моменти переключення керуючого діяння і траєкторії оптимального і квазіоптимального процесу. Управління процесом передбачається вести по програмному принципу, здійснюючи n або 3 переключення керуючого діяння відповідно в системі n – го порядку та в еквівалентній системі. Зменшення кількості переключень дозволить спростити функції мікропроцесора та збільшити надійність системи управління.

Запропонований в статті чисельний метод обчислення моментів переключення використовується у подальшому для синтезу оптимальних і квазіоптимальних по швидкості систем 4-го і 3-го порядку.

Проектування систем управління неможливо здійснити, якщо не вирішена задача ідентифікації об'єкта. Тому варто звернути увагу на дослідження задач ідентифікації при рішенні задач синтезу оптимальних за швидкістю систем.

Теорія оптимальних систем висвітлює шляхи удосконалення систем автоматичного управління. До опанування цієї проблеми було привернуто увагу низки вчених. Питання квазіоптимального управління висвітлюють у своїх роботах: Садового О. В., Дерещ О.Л. Дерещ Г. О. [4,5], Кривонос І.Ю. [8].

Питання удосконалення автоматизованих систем управління у зразках озброєння та військової техніки висвітлені у роботах С. О. Бобрікова, С. А. Бобрікова [3], Кучеренко Ю.Ф. [6], Маслюка Л., Гавалко В., Джигномона С. [7], Голованя В., Голованя А., Герасимова В., Малишкіна О. [11], Андрухова С. [12], Богача А. С., Чегана Ю.А., Марченко Я. В., Ликова В.В [10].

Метою цього дослідження є надання методики розрахунку моментів переключення системи більш низького порядку, еквівалентної системі високого порядку.

Основні результати досліджень. Серед численних оптимальних систем значне місце займають ті, які характеризуються високою швидкістю. До них належать не лише системи, що описують переміщення об'єкта у просторі, але й системи, які забезпечують оптимальну

тривалість навантаження типових двигунів, прогрівання опальних установок охолодження вантажів і т. ін.

У процесі синтезу оптимальних систем після визначення критерія оптимального управління потрібно обрати принцип і закон управління об'єктом, розрахувати криву перехідного процесу в системі, визначити моменти зміни знаку та амплітуди керуючого діяння. Відома в теорії автоматичного керування теорема Фельдбаума про n -інтервали вимагала виробляти n -перемикаючих впливів, що призводило до завищеного зносу релейних перемикаючих пристроїв і потребувало достатньо часу на розрахунок моментів переключення оптимального релейного управління. У зв'язку з цим виникали обмеження використання оптимального управління малоінерційними системами.

Розширити діапазон використання систем оптимального управління в класі малоінерційних об'єктів можна, якщо заздалегідь розрахувати моменти переключення в оптимальній та квазіоптимальній системі. Отже, при вирішенні задачі оптимізації процесу швидкодії необхідно після визначення критерію оптимальності обрати змінну координату та межі її зміни, визначити моменти переключення керуючого діяння та синтезувати систему управління. У деяких випадках реалізація оптимального за швидкодією процесу потребує доведення значення керуючого діяння до максимально можливого. Це необхідно для запобігання зниженню регульованого параметру в початковий момент часу після дії різкозміненого збурення та використання форсування керуючого діяння.

Рух об'єкта описується лінійним диференціальним рівнянням:

$$a_0 y^n + a_1 y^{n-1} + \dots + a_n y = U(t), \quad (1)$$

де $y(t), y'(t), \dots, y^{n-1}(t)$ – координати об'єкта, які складають фазовий простір, $U(t)$ – управління.

Відомо, що оптимальний за швидкодією перехідний процес $y(t)$ складається з n часових інтервалів [10.50]. Процес у кожному з цих інтервалів описується рівнянням:

$$a_0 y^{(n)} + a_1 y^{(n-1)} + \dots + a_n y = M, \quad (2)$$

де $-M$ позитивна константа, що обмежує величину управління, тобто $M = \max |Y(t)|$ постійна на кожному інтервалі часу.

Знаки чергуються на сусідніх інтервалах. Іншими словами, оптимальне управління $U(t)$ повинно бути релейним, змінювати знак на межах сусідніх інтервалів часу і приймати за абсолютною величиною максимальне з припустимих значень, тобто оптимальний за швидкодією процес $y(t)$ на j – тому інтервалі ($j = 1, 2, \dots, n$) описується рівнянням:

$$a_0 y^{(n)} + a_1 y^{(n-1)} + \dots + a_n y = -(1)^{j+1} \operatorname{sgn} U_1 M, \quad (3)$$

де $\operatorname{sgn} U_1 M$ – знак управління $U(t)$ на першому часовому інтервалі. Цей результат відомий під назвою теореми про n -інтервалів.

Отже, задача визначення оптимального управління $U(t)$ зводиться до задачі визначення моментів зміни знаку управління $t_1, t_2, \dots, t_n$ і кінцевого часу t_n при переводі об'єкта з одної точки фазового простору в іншу. Обчислення моментів $t_1, t_2, \dots, t_n$ доцільно проводити чисельним методом без складання системи трансцендентних рівнянь відносно цих невідомих, безпосередньо з рівняння системи (3). В цьому випадку рішення задачі спрощується: не потрібно програмування системи трансцендентних рівнянь (яка навіть для випадку n менше буває досить громіздкою); вирішення задачі практично не ускладнюється при збільшенні порядку диференційного рівняння (3) і при наявності обмежень на фазові координати об'єкту або у випадку змінної структури об'єкту. Метод вирішення задачі не залежить від виду коренів характеристичного рівняння, тобто він гідний і для випадку комплексних коренів цього рівняння.

Припустимо, що потрібно перевести об'єкт, рух якого описується рівнянням (3) з точки

$$y(0) = y_0; y'(0) = y'_0; \dots y^{(n-1)}(0) = y_0^{(n-1)}, \quad (4)$$

в точку:

$$y(t_n) = y_k; y'(t_n) = y'_k; \dots y^{(n-1)}(t_n) = y_k^{(n-1)}, \quad (5)$$

за найменший час.

Задача Коши (3) – (5) вирішується чисельним методом Рунге-Кутта. Задача переведу об'єкта з точки (4) в точку (5) за мінімальний час $t = t_n$ еквівалентна задачі пошуку мінімуму наступної цільової функції:

$$Z(t_1, t_2, \dots, t_n) = t_n + j^2 \sum_{i=0}^{n-1} [y^i(t_n) - y_k^i]^2, \quad (6)$$

де j^2 – позитивний ваговий коефіцієнт; $y^i(t_n)$ – фазова координата об'єкта в кінцевий момент часу $t = t_n$.

Найменше значення першого доданку цільової функції Z відповідає мінімуму часу переведу об'єкта з точки (4) в точку (5), а найменше значення другого доданку у правій частині рівності (6) відповідає співвідношенню поточних фазових координат в момент часу $t = t_i$ з точкою (5).

Отже, задача обчислення моментів $t_1, t_2, \dots, t_n$ зводиться до пошуку найменшого значення цільової функції (6). Оскільки цільова функція (6) обчислюється чисельним методом, то і мінімізувати її необхідно чисельним методом. Для мінімізації цільової функції (6) пропонується використовувати метод Нелдера-Міда [1]. Програма обчислення цільової функції (6) потребує введення кількості диференціальних рівнянь нормальної системи, що відповідає диференційному рівнянню (3). Також необхідно ввести фазові координати початкової (4) та кінцевої (5) точки початкового значення параметрів $t_1, t_2, \dots, t_n$. При будь-яких початкових значеннях параметрів $t_1, t_2, \dots, t_n$ обчислювальний процес призводить їх до справжніх значень. Оскільки права частина (3) є розривною функцією, то для чисельного рішення цього рівняння шаг інтегрування повинен бути достатньо малим. Чисельні експерименти показують, що для цього достатньо обрати шаг інтегрування приблизно рівний одному відсотку значення t .

Задачами чисельного моделювання в оптимальних та квазіоптимальних за швидкістю системах 5-го та 4-го порядків є:

1. Визначення відмінності в характері протікання процесів в оптимальних системах високого порядку та еквівалентних їм системах 3-го порядку.
2. Визначення моментів переключення керуючого діяння в системах високого порядку та в еквівалентних їм системах 3-го порядку.
3. Визначення впливу амплітуди керуючого сигналу на час перемикання, характер та тривалість оптимального перехідного процесу.
4. Визначення впливу початкових умов на характер перехідного процесу після порівняння переходу з 1 в 0 і з 0 в 1.
5. Визначити правомірність заміни системи високого (4-го) порядку еквівалентною системою більш низького порядку.

Чисельне моделювання необхідно проводити для забезпечення вибраного критерія оптимальності. В нашому випадку це швидкодія: при цьому знаходяться моменти переключення і траєкторії оптимального і квазіоптимального процесу. Управління процесом має бути по програмному принципу. Здійснювати необхідно n або 3 переключення керуючого діяння відповідно в системі n -го порядку та еквівалентній системі.

Приклад.

Відомий вигляд диференційного рівняння 4-го порядку

$$y^4 = U - 4y''' - 6y'' - 4y' - 1$$

Та вигляд еквівалентного йому диференційного рівняння 3-го порядку

$$y''' = U - 1,550295y'' - 2,29125y' - y$$

Величина управління дорівнює $U = 1,5$

Необхідно знайти параметри переключення керуючого діяння для системи управління, що описується даним диференціальним рівнянням 4-го порядку та параметри керуючого діяння для системи управління що описується еквівалентним рівнянням 3-го порядку. Такі самі параметри необхідно знайти за умови $U=2$ та $U=3$.

Рішення цієї задачі включає визначення параметрів керуючого діяння при досягненні мінімального значення цільової функції (6).

Після обчислення мінімізації функції отримано наступний результат. Параметри переключення керуючого діяння дорівнюють: для системи, що описується диференціальним рівнянням 4-го порядку:

$$t_1 = 0,06797063$$

$$t_2 = 0,2380186$$

$$t_3 = 0,2857342$$

$$t_4 = 0,3107794$$

Для еквівалентної системи, що описується диференціальним рівнянням 3-го порядку:

$$t_1 = 0,1404903$$

$$t_2 = 0,3759539$$

$$t_3 = 0,4847066$$

Цей результат отриманий, коли крок інтегрування складає 0,5 % часу перехідного процесу. Приблизно за 15 хвилин часу розрахунку отриманий результат. Аналогічним чином отримані результати для $U = 2$ та $U = 3$.

Результати обробки даних чисельного експерименту зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Моменти переключення керуючого діяння для систем 4-го і 3-го порядку

Порядок рівняння	Моменти переключення керуючого діяння											
	$U=1,5$				$U=2$				$U=3$			
4-й	t_1	t_2	t_3	t_4	t_1	t_2	t_3	t_4	t_1	t_2	t_3	t_4
	0,07	0,23	0,29	0,31	0,61	0,19	0,28	0,30	0,05	0,18	0,26	0,27
3й еквівалентний 4-му	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3
	0,14	0,38	0,48	0,13	0,35	0,45	0,11	0,31	0,41			

З аналізу таблиці можна зробити наступні висновки: В результаті чисельного експерименту підтверджується можливість зменшення кількості переключень керуючого діяння об'єктом управління. Розроблена методика дозволяє знаходити моменти переключення керуючого діяння в оптимальній і квазіоптимальній по швидкодії системах. Амплітуда керуючого діяння зменшує тривалість перехідного процесу (переходу з 0 в 1). При збільшенні амплітуди (U) керуючого діяння в 2 рази тривалість перехідного процесу зменшується. Запропонований чисельний метод, алгоритм і програма обчислення моментів переключення можна використовувати для синтезу оптимальних і квазіоптимальних за швидкодією систем управління.

Висновки. Обчислення аналітичним методом моментів переключення релейного керування об'єктами високого порядку в задачах швидкодії є складним завданням. Тому пропонується чисельний метод оптимізації за швидкодією системи n -го порядку. Цей метод значно спрощує вирішення задачі обчислення моментів переключення під час управління об'єктами будь-якого порядку. Метод придатний і у випадку наявності обмежень на координати об'єкта. Запропонований в роботі розрахунок моментів переключення керуючого діяння створює можливість раціонального переходу від теоретично оптимального до практично реалізованого квазіоптимального управління, збільшуючи швидкість системи наведення. Проведений чисельний експеримент дозволив рекомендувати розширити використання оптимальних за швидкодією систем на діапазон малоінерційних об'єктів регулювання, де час розрахунку моментів переключення керуючого діяння перевищує

тривалість процесу переходу з вихідного стану в потрібне. Заздалегідь розрахувавши моменти переключення, можна керувати формування керуючого діяння системою програмного управління або системою по відхиленню координати руху від розрахункової. В результаті чисельного експерименту підтверджується можливість змінення кількості переключень керуючого діяння об'єктом управління. Отже, покращення швидкодії розширює бойові можливості засобів протиповітряної оборони Сухопутних військ Збройних Сил України по обстрілу повітряних цілей, які летять з різними швидкостями.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ладієва Л. Р. Методи оптимізації та основи пошуку оптимальних рішень [навч. посіб.] – К.: КПІ ім. І. Сікорського. 2023. – 73 с.
2. Штіфзон О. Й., Новіков П. В., Бунь В. П. . Теорія автоматичного управління. [навч. посіб.] – К.: КПІ ім. І. Сікорського. 2020. – 144 с.
3. Бобріков С.О., Бобриков.С. А. Синтез та моделювання оптимальної за швидкістю слідкувальної системи // Науковий журнал «Інформатика та математичні методи в моделюванні». № 13. 2023. С.17 – 33.
4. Дерещ О. Л. , Садовой О.В., Дерещ Г.О. Алгоритм синтезу квазіоптимальних за швидкістю систем третього порядку із аперіодичним ковзним режимом.// Збірник наукових праць дніпровського державного технічного університету (технічні науки). № 1.(38). 2021. С. 45 – 48.
5. Дерещ О.Л., Дерещ Г. О. , Садовой О. В. Дослідження систем 3-го порядку , синтезованих із використанням алгоритму забезпечення аперіодичного ковзного режиму. // збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). № 1 (40). С. 106 – 114. 2022.
6. Кучеренко Ю.Ф. Концептуальні аспекти створення автоматизованої системи управління протиповітряною та протиракетною обороною держави. // Науково-технічний журнал «Системи озброєння і військова техніка». Харків. Харківський Національний університет імені Івана Кожедуба. № 3 (75). С. 78 – 84. 2023.
7. Маслюк Л., Гавалко В., Джигомон С. Основні проблемні питання та шляхи їх вирішення при створенні автоматичних систем управління ракетних військ і артилерії.//Науковий журнал «Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони». Київ. Науковий інститут оборони України. № 45 (3). С. 63 – 68. 2022
8. Кривонос І.Ю. Про задачі оптимізації процесу спостереження.// Міжнародний науково-технічний журнал «Проблеми керування та інформатики». Київ. Інститут кібернетики ім. В .М. Глушкова НАК України. № 1. С. № 30 – 41. 2023
9. Семчак О.Б. Богданова О. Г. Проблеми та перспективи розвитку автоматизованих систем управління цілевказання // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Випуск № 82. Київ. 2024.
10. Богач А. С., Чаган Ю. А., Марченко Я. В., Ликов В. В. Щодо питання збільшення дальності та точності стрільби ствольних комплексів озброєння / Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ” Львів. 14-15 травня. Національна академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. 2020. С. 12.
11. Головань В., Головань А., Герасимов В., Малишкін О. Перспективні напрямки розвитку радіолокаційних засобів ракетних і артилерії. Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції “Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та шляхи вирішення в умовах воєнного стану”. Одеса. Військова академія. 20.10.2023. С. 35-36.
12. Андрухов С. Основні чинники, що мають найбільший вплив на ефективність функціонування систем управління артилерією. Збірник тез доповідей V міжнародної науково-практичної конференції «Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави, проблеми та шляхи вирішення в умовах воєнного стану». Одеса. Військова академія. 20.10.23. С. 15-16.

13. Сенькин В.С., Сюткина-Доронина С.В. До вибору методів, що використовуються при оптимізації проектних параметрів управління ракетним об'єктом. // Технічна механіка. 2019. № 1 . С. 38 – 52.

14. Клімович С.О., Пуштарик О.В. Варіант будови системи управління радіозасобами з широкосмуговими сигналами. Міжнародна науково-практична конференція "Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку". 15 березня 2023 р./ Збірник тез доповідей. - Харків. Національна академія Національної гвардії України. Харківський Національний університет радіоелектроніки. 2023. С.23-24.

15. Андрушко М.М., Аркушенко П.Л., Андрушко., А.М. Кузьміч О.Є. Впровадження систем автоматизованого збору і обробки інформації на дослідних зразках озброєння та військової техніки. Міжнародна науково-практична конференція "Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку". 15 березня 2023./ Збірник тез доповідей. - Харків. Національна академія Національної гвардії України. Харківський Національний університет радіоелектроніки. 2023. С. 31-32.

REFERENCES:

1. Ladiieva L. R.(2023), «Metody optymizatsii ta osnovy poshuku optimalnykh rishen» : Navch. Posib [Optimization methods and the basis of finding optimal solutions] K.: KPI im. I. Sikorskoho. – 73 s.

2. Shtifzon O. Y., Novikov P. V., Bun V. P. (2020), «Teoriia avtomatychnoho upravlinnia.» Navch. posib.[Theory of automatic control.]– K.: KPI im. I. Sikorskoho. – 144 s.

3. Bobrikov S.O., Bobrykov.S. A. (2023) «Syntez ta modeliuvannia optimalnoi za shvydkodiieiu slidkuiuchoi systemy».[Synthesis and modeling of the tracking system optimal in terms of speed]/// Naukovyi zhurnal « Informatyka ta matematychni metody v modeliuvanni». № 13.S.17 – 33.

4. Derets O. L., Sadovoi O.V., Derets H.O. (2021) «Alhorytm syntezu kvazioptymalnykh za shvydkodiieiu system tretogo poriadku iz aperiodychnym kovznym rezhymom» [Algorithm for the synthesis of third-order quasi-optimal systems with an aperiodic sliding regime.]// Zbirnyk naukovykh prats dniprovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky). № 1.(38). S. 45 – 48.

5. Derets O.L., Derets H. O., Sadovoi O. V. (2022) «Doslidzhennia system 3-ho poriadku ,syntezovanykh iz vykorystanniam alhorytmu zabezpechennia aperiodychnoho kovznoho rezhymu.» [Research of 3rd order systems synthesized using the algorithm for ensuring an aperiodic sliding regime.] // Zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky). № 1 (40). S. 106 – 114.

6. Kucherenko Yu.F.(2023) «Kontseptualni aspekty stvorennia avtomatyzovanoi systemy upravlinnia protypovitrianoi ta protyraketnoi oboronoii derzhavy.» [Conceptual aspects of creating an automated control system for air and missile defense of the state.] // Naukovo-ekhnichniy zhurnal «Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika». Kharkiv. Kharkivskyi Natsionalnyi universytet imeni Ivana Kozheduba. № 3 (75). S. 78 – 84.

7. Masliuk L., Havalko V., Dzhyhomon S. (2022) «Osnovni problemni pytannia ta shliakhy yikh vyrishennia pry stvorenni avtomatychnykh system upravlinnia raketykh viisk i artylerii» [Main problematic issues and ways to solve them in the creation of automatic control systems of missile forces and artillery.]//Naukovyi zhurnal «Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky i oborony». Kyiv. Naukovyi instytut oborony Ukrainy. № 45 (3). S. 63 – 68.

8. Kryvonos I.Iu. (2023) «Pro zadachi optymizatsii protsesu sposterezhennia»[On the tasks of optimizing the monitoring process.]// Mizhnarodnyi naukovo-tekhnichniy zhurnal «Problemy keruvannia ta informatyky». Kyiv. Instytut kibernetiky im. V .M. Hlushkova NAK Ukrainy. № 1. S. № 30 – 41.

9. Semchak O.B. Bohdanova O. H.(2024) « Problemy ta perspektyvy rozvytku avtomatyzovanykh system upravlinnia tsilevkazannia»[Problems and prospects for the development of automated targeting control systems] // Zbirnyk naukovykh prats viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. . Kyiv. Vypusk № 82

10. Bohach A. S., Chahan Yu. A., Marchenko Ya. V., Lykov V. V. (2020) «Shchodo pytannia zbilshennia dalnosti ta tochnosti strilby stvolnykh kompleksiv ozbroiennia» [Regarding the issue of increasing the range and accuracy of firing of barreled weapons systems] . //Zbirnyk tez dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii “Perspektyvy rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki Sukhoputnykh viisk” – Lviv. 14-15 travnia. Natsionalna akademiia Sukhoputnykh viisk imeni hetmana Petra Sahaidachnoho. S. 12.

11 Holovan V., Holovan A., Herasymov V., Malyshev O. (2023) «Perspektyvni napriamky rozvytku radiolokatsiinykh zasobiv raketnykh i artylerii» [Prospective directions of development of missile and artillery radar equipment] Zbirnyk tez dopovidei V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Spilni dii viiskovykh formuvan i pravookhoronnykh orhaniv derzhavy: problemy ta shliakhy vyrishennia v umovakh voiennoho stanu». Odesa. Viiskova akademiia. 20.10.2023. S. 35-36.

12. Andrukhov S.(2023) «Osnovni chynnyky, shcho maiut naibilshyi vplyv na efektyvnist funktsionuvannia system upravlinnia artylerii». [The main factors that have the greatest impact on the effectiveness of artillery control systems]. Zbirnyk tez dopovidei V mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Spilni dii viiskovykh formuvan i pravookhoronnykh orhaniv derzhavy, problemy ta shliakhy vyrishennia v umovakh voiennoho stanu». Odesa. Viiskova akademiia. 20.10.23. S. 15-16.

13.. Senkyn V.S., Siutkina-Doronyina S.V.(2019) «Do vyboru metodiv, shcho vykorystovuiutsia pry optymizatsii proektnykh parametriv upravlinnia raketnym ob'ektom». [To the selection of methods used in the optimization of design parameters of missile object management.]/ Tekhnichna mekhanika. 2019. № 1 . S. 38 – 52.

14. Klimovych S.O., Pushtaryk O.V. (2023). «Variant budovy systemy upravlinnia radiozasobamy z shyrokosmuhovymy sygnalami»[Variant of the structure of the control system of radio means with broadband signals.] Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia "Zastosuvannia informatsiinykh tekhnolohii u pidhotovtsi ta diialnosti syl okhorony pravoporiadku". 15 bereznia 2023 r./ Zbirnyk tez dopovidei. - Kharkiv. Natsionalna akademiia Natsionalnoi hvardii Ukrainy. Kharkivskiy Natsionalnyi unyversytet radioelektroniky. 2023. S.23-24.

15.Andrushko M.M., Arkushenko P.L., Andrushko A.M. Kuzmic O.Ie (2023). «Vprovadzhennia system avtomatyzovanoho zboru i obrobky informatsii na doslidnykh zrazkakh ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki». [Implementation of systems for automated collection and processing of information on experimental samples of weapons and military equipment.] Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia "Zastosuvannia informatsiinykh tekhnolohii u pidhotovtsi ta diialnosti syl okhorony pravoporiadku". 15 bereznia 2023./ Zbirnyk tez dopovidei. - Kharkiv. Natsionalna akademiia Natsionalnoi hvardii Ukrainy. Kharkivskiy Natsionalnyi unyversytet radioelektroniky. 2023. S. 31-32.

Ph.D. Bogdanova O.G.

NUMERSCFL METHOD OF CALCULATING SWITCHING MOMENT OF RELAY CONTROL IN TASRS OF MAXIMUM SPEED

The dynamic qualities of typical tracking systems used to control the position of weapon barrels, radar antennas, launchers, etc., are described by high-order differential equations. The theorem about n -intervals, well-known in the theory of automatic control, proved by O. A. Feldbaum, requires n (or $n-1$) control actions, which leads to increased wear of relay switching devices and requires a sufficiently long time to calculate the moments of optimal relay control. In this connection, there are limitations to the application of optimal control of low-inertia systems. This means that during the technical implementation of fast automatic targeting, it is necessary to implement a transition process that is optimal in terms of speed in the automatic control system with a large number of control action switches. In practice, it is undesirable to operate the drive with frequent switching. This leads to a large load, reduces its reliability and causes rapid wear of its elements. This, in turn, leads to a decrease in the reliability of the drive and to a decrease in the combat readiness ratio of the weapon. In this case, it is expedient to move from optimal control to quasi-optimal by reducing the order of the differential equation to the third [9]. Optimization in this case is implemented by three switching intervals of the control action and is sufficiently fully investigated in the works of many authors [6, 7].

It is possible to expand the range of use of optimal control systems in the class of low-inertia control objects if you calculate in advance the moments of switching in optimal and quasi-optimal systems and determine the value of the parameter at these moments, and then control the switching either according to the program (time) law or according to the deviation of the actual value parameter from the one calculated at the time of switching.

The task of synthesizing a speed-optimal control system is reduced to the synthesis of a high-speed system control device that would ensure the transfer of the state vector of the controlled object from the initial point to the final point.

The article proposes a method for calculating the switching moments of the control action, which creates the possibility of a rational transition from theoretically optimal to practically realized quasi-optimal control, increasing the speed of the guidance system. The rate of action increases as the speed of the target increases and the distance to it decreases. The guidance drives of the weapons must provide maximum speed in order to increase the possibility of destroying targets that fly at high speeds. The speed-optimal process is described by a high-order differential equation. The number of switching moments of the control action is equal to the order of the differential equation. This is known as the n -interval theorem. Thus, the task of determining the optimal control is reduced to the task of determining the moments of change of the control sign and the final value of time when the object is transferred from one point of the phase space to another. The work provides a method for calculating moments of time by a numerical method directly from the equation of the system. In this case, the solution of the problem is simplified and practically not complicated when the order of the differential equation increases and when there are restrictions on the phase coordinates of the object or in the case of a variable structure of the object. The method also does not depend on the type of roots of the characteristic equation. The objective function is also minimized numerically. The Nelder-Mead method is used to minimize it.[1] The conducted numerical experiment confirms the possibility of representing the control system of the n th order by an equivalent system of a lower order.

Keywords: switching moments, control action, control system, numerical method, optimal control, quasi-optimal control, speed, transient process.

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕХОДУ ДО ВАНТАЖІВОК ІЗ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ У НАВЧАННІ ВОДІННЮ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗС УКРАЇНИ

У статті проаналізовано перспективи впровадження електричних вантажівок у навчальний процес підготовки водіїв для військових потреб. Дослідження зосереджене на аналізі сучасного стану електрифікації вантажного автотранспорту, її проблем і найближчих перспектив, а також на розгляді актуальної проблеми підвищення ефективності курсів водіння автомобільної техніки в умовах зростання цін на паливо та необхідності оптимізації навчального процесу, в тому числі з урахуванням широкої номенклатури транспортних засобів, прийнятих на озброєння протягом останніх кількох років у зв'язку з наданням відсічі повномасштабній агресії російської федерації.

У роботі розглядається електричний транспорт як перспективна альтернатива традиційним автомобілям з двигунами внутрішнього згорання, особливо в контексті навчання водінню, з урахуванням сучасних світових економічних і технологічних трендів, а також політичним процесам у ЄС і НАТО. Включення у 2021 році проблеми глобального потепління і збереження екології до переліку основних загроз безпеці країн-членів НАТО разом із прагненням України до вступу до ЄС і НАТО у найближчій перспективі додатково підсилює доцільність впровадження більш екологічно безпечних транспортних засобів у секторі безпеки й оборони країни.

Серед ключових переваг застосування електричних вантажівок для навчальних цілей виділені значні зниження витрат на паливо й обслуговування; можливість імітації різних режимів руху та характеристик різних видів транспортних засобів; здатність електронної системи керування пом'якшувати помилки недосвідчених водіїв; простота обслуговування та висока економічність в умовах навчального циклу. Цьому в значній мірі сприяє специфіка процесу навчання водінню (часті зупинки, низька середня швидкість, малий добовий пробіг тощо).

Початок поступового впровадження електричного транспорту насамперед у тилових навчальних підрозділах вже сьогодні виглядає цілком доцільним і може стати важливим кроком до більш широкої електрифікації автомобільного транспорту в секторі безпеки та оборони України.

Ключові слова: водіння, підготовка водіїв, вантажний транспорт, електричний привід, drive-by-wire.

Вступ та постановка задачі. Випускники вищих військових навчальних закладів (ВВНЗ) та військовослужбовці певних спеціальностей обов'язково повинні пройти курс водіння автомобільної техніки, мати посвідчення водія категорії С (у деяких випадках додатково і категорії В) та вміти керувати вантажним і легковим автомобільним транспортом.

Автошкола ВВНЗ (чи іншої відповідної установи МОУ) забезпечує викладання як теоретичної, так і практичної складової, підводячи курсанта до здачі іспиту в сервісному центрі МВС.

У ході навчання кожен курсант має практично наїздити до 60 годин [1]. Водночас на одну годину водіння вантажного автомобіля витрачається від 15 до 20 літрів пального (залежно від особливостей вправ, що відпрацьовуються, та моделі автомобіля). Отже, загальні витрати пального на навчання одного військовослужбовця можуть сягати 1000 літрів, а на сто чоловік (типовий обсяг навчального потоку) – від 100'000 літрів (біля 80 т).

У зв'язку з повномасштабним вторгненням російської федерації на територію незалежної України виникли проблеми як із вартістю і доступністю необхідної кількості пального, так і з широкою номенклатурою істотно відмінних (з точки зору процесу водіння) транспортних засобів, що стоять на озброєнні ЗС України, яка ще й неперервно зростає.

Одним зі шляхів вирішення цих проблем є впровадження у навчальний процес автомобільної техніки з електричним приводом (значно економічнішим за двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) в умовах занять з водіння та незалежним від поставок і вартості пального) та спеціально розробленою системою управління drive-by-wire [2-4], здатною як імітувати роботу двигунів і трансмісій різних типів, так і виправляти певні помилки тих, хто навчається, зменшуючи ризик пошкодження техніки та спрощуючи навчання складним прийомам водіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ціни на пальне. Розглянемо динаміку зростання цін на пальне за останні 6 років, зумовлену як загальноекономічними факторами, так і наслідками вторгнення російської федерації на територію України.

Бензин А-95 [5]. У 2019 році середня ціна цього бензину становила 28,6 грн за літр. У першому півріччі 2020 року вона впала до 21,8 грн/л (внаслідок зниження попиту через пандемію covid 2019), проте до кінця року зупинилась на позначці 24,9 грн за літр. Протягом 2021 року ціна зросла до 30,4 грн/л, незважаючи на продовження пандемії, і зберігалася приблизно на тому ж рівні у перші чотири місяці 2022 року.

Проте вже з травня 2022 року ціна А-95 підскочила до 42,5 грн/л, а наприкінці першого року повномасштабної війни сягнула 51 грн/л. Протягом першої половини 2023 року вартість бензину трохи знизилася, досягши мінімуму в червні (44,7 грн/л), але до кінця року вона знову зросла 52-55 грн/л. У 2024 після невеликого і нетривалого спаду на початку року ціна бензину піднялася до 54 грн/л у квітні, а переважну частину другої половини року трималася вище 56 грн/л, демонструючи практично дворазове зростання, порівняно з 2019 роком.

Дизельне пальне [6]. Загалом динаміка цін дизельного пального збігається із динамікою цін бензину А-95, а головна відмінність полягає у відсутності вираженого тренду до зростання, починаючи з другої половини 2022 року. Так, у 2019 році ціна дизельного пального становила біля 28 грн/л, а протягом 2020 року, як і ціна бензину, вона впала до 24 грн/л, та почала відновлюватися у 2021 році, сягнувши 30 грн/л наприкінці року. Із початком повномасштабного вторгнення рф ціна дизельного пального почала стрімко зростати (37 грн/л на початку квітня, 46 грн/л у травні та 56 грн/л у червні та липні). З тих пір, за винятком тимчасового зниження у першій половині 2023 року (із мінімумом біля 44-46 грн/л у липні), ціна дизельного пального знаходиться у діапазоні 52-55 грн/л. Отже, за п'ять років вона також зросла майже вдвічі.

Скраплений газ [7]. Ціна скрапленого газу протягом 2019 – 2020 років була порівняно стабільною і трималась у діапазоні 11,8-12,7 грн/л. Однак вже протягом 2021 року вона поступово зросла до 19 грн/л, а з початком повномасштабного вторгнення рф стрімко підскочила до 37-40 грн/л у першій половині літа. У другій половині року ціна знизилась і стабілізувалася на рівні 27-29 грн/л, а у 2023 році знову дещо впала у першій половині року і традиційно зросла наприкінці осені, сягнувши 33 грн/л у грудні. Протягом першої половини 2024 року ціна газу коливалася в діапазоні 26-29 грн/л, однак восени почала доволі стрімко зростати, сягнувши 37 грн/л наприкінці січня 2025 року. Отже, на тлі дворазового зростання цін на бензин і дизельне пальне, скраплений газ за п'ять років подорожчав найбільше – фактично втричі.

Зростання акцизного податку на пальне. З 01 вересня 2024 вступив в силу закон №3878-ІХ “Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо імплементації положень актів права ЄС щодо акцизного податку”, який передбачає поетапне (з 01.09.2024 р. по 31.12.2027 р.) підвищення акцизного податку на пальне до мінімального рівня, встановленого в Європейському Союзі [8].

Внаслідок перших двох підвищень (01.09.2024 р. та 01.01.2025 р.) величина акцизу (за 1000 літрів) зросла наступним чином:

- бензин – з €213,5 до €271,7 (+27,3%);
- дизельне пальне – зі €139,5 до €215,7 (+54,6%);
- скраплений газ (пропан-бутан) – з €52 до €173 (+326,7%).

Зауважимо, що наведені тут відсотки є зростанням саме акцизу, а не фактичної ціни продажу пального, відсоткове зростання якої саме через підвищення акцизів є значно меншим (перерахунок у гривні із розрахунку €1 = 43 грн):

- бензин – €0,0582 на 1 л (+2,5 грн/л);
- дизельне пальне – €0,0762 на 1 л (+3,3 грн/л);
- скраплений газ (пропан-бутан) – €0,121 на 1 л (+5,2 грн/л).

Після фінального етапу підвищення акцизів 01.01.2028 року величина ставки (і її загальне зростання) та результуюче підвищення ціни 1 л пального становитимуть (за умови незмінного курсу гривні по відношенню до євро):

- бензин – €359 за 1000 л (+68,1%); +6,3 грн/л;
- дизельне пальне – €330 за 1000 л (+136,6%); +8,2 грн/л;
- скраплений газ (пропан-бутан) – €250 за 1000 л (+380,8%); +8,5 грн/л.

Тобто очікуване зростання вартості, наприклад, дизельного пального за 2025-2027 роки становитиме біля 5 грн/л лише внаслідок подальшого підвищення ставки акцизів (за умови стабільного курсу гривні!), що становить біля 10% від ринкової вартості дизельного пального станом на січень 2025 року.

Альтернативи органічному пальному. Із наведеного огляду динаміки зростання цін автомобільного пального та графіку підвищення акцизного податку на нього свідчать про те, що ймовірність істотного зниження цін пального у майбутньому є вкрай малою. Отже, постає логічне питання пошуку економічно доцільних альтернатив органічному пальному та автомобілям з ДВЗ як для курсу водіння автомобільної техніки, так і для забезпечення принаймні частини логістики Збройних Сил України.

Іншим важливим стимулом пошуку альтернатив органічному пальному є великий загальний вплив збройних сил держави на клімат [9]. В останні десятиріччя це питання активно вивчається як мінімум країнами НАТО та ЄС, які розглядають зміну клімату не лише як одну із найбільших майбутніх загроз безпеці континенту, але як і потенційний рушій різноманітних дестабілізуючих процесів [10]. З оглядом на стратегічне партнерство України з НАТО і ЄС, а також на наміри вступу до обох організацій, питання розгляду можливостей ефективного і доцільного впровадження “зелених” технологій у ЗС України постає у зовсім іншому світлі.

Важливою особливістю експлуатації транспортних засобів на заняттях курсу водіння автомобільної техніки є рух із низькою (у середньому) швидкістю та великою кількістю зупинок, схожий на гіпертрофований варіант руху у міському циклі (особливо такі вправи, як паркування, маневрування, розвороти, рух заднім ходом, проїзд перехресть і залізничних переїздів, подолання перешкод, рух по бездоріжжю та в особливо складних умовах, буксирування тощо) [1]. Навіть при відпрацюванні руху в колонах на шосе швидкість руху зазвичай становить до 25-30 км/год, а під час виконання багатьох стандартних вправ вона становить біля 10 км/год. Наслідком такої специфіки режиму руху є значне зростання розходу пального автомобілями із традиційними двигунами внутрішнього згоряння відносно до фактично подоланої автомобілем дистанції.

Проблеми підвищення розходу пального у міському циклі руху була однією з основних причин появи гібридних автомобілів, здатних рекуперувати частину енергії при гальмуванні завдяки рекуперувальній гальмівній системі [11, 12]. Однак істотним недоліком гібридних автомобілів є дублювання систем і ускладнення будови трансмісії для забезпечення їх оптимальної взаємодії.

Проте досягнення останніх двох десятиріч у розробці акумуляторних батарей дозволили створення повністю електричного автобусного та вантажного автомобільного транспорту, використання якого є економічно доцільним як у міському циклі руху, так і для міжміських перевезень (за умови наявності відповідної інфраструктури). Більш того, електрифікація як логістичного транспорту, так і деяких зразків бойової техніки сьогодні активно розглядається на рівні НАТО як один зі шляхів зменшення витрат та внеску

збройних сил у протидію зміні клімату [13,14]. Прикладами таких програм є оснащення гібридною системою існуючих чотириколісних бронетранспортерів (Велика Британія), електрифікація небойового логістичного транспорту (Словацька Республіка), електрифікація логістичного транспорту портової інфраструктури (Туреччина) [13].

Питання розроблення малих автомобілів (баггі) підвищеної прохідності із гібридним приводом для військового застосування розглядалося й у вітчизняному військово-промисловому комплексі [15].

Серед додаткових переваг електрифікації транспортних засобів експерти International Military Council on Climate and Security відзначають [14]:

- зменшення залежності від імпорту паливно-мастильних матеріалів, цін на світовому ринку та складні ланцюги поставок (що яскраво проявилось в перший рік вторгнення РФ в Україну);
- зростання динамічних характеристик (завдяки особливостям роботи електричного приводу);
- підвищення скритності техніки внаслідок зменшення її шумності та нагрівання;
- зменшення потреби в обслуговуванні механічних підсистем, а також їх загальне спрощення;
- просте інтегрування систем автономного чи дистанційного управління та контролю за транспортними засобами;
- зменшення шкоди навколишньому середовищу в ході бойових дій завдяки зменшенню обсягів витікання паливно-мастильних матеріалів з пошкодженої техніки.

Звісно, електрифікація автомобільного транспорту тягне за собою й значну кількість добре відомих проблем, таких як обмежений запас ходу та довгий час зарядки (порівняно зі звичайними авто), велика маса й об'єм акумуляторів, недостатня інфраструктура зарядних станцій, значно вища початкова вартість транспортних засобів порівняно із дизельними аналогами, висока вартість заміни й утилізації акумуляторних батарей тощо.

Однак саме для тих задач, що постають в ході курсу водіння автомобільної техніки, практично всі зазначені недоліки електричного автотранспорту виявляються нерелевантними (внаслідок порівняно малого середньодобового пробігу, перебуванню переважну частину часу в межах автодрому та відсутності необхідності перевезення значних вантажів).

Метою цієї роботи є аналіз доцільності та перспектив переходу до вантажних автомобілів із електричним приводом у курсі водіння автомобільної техніки для курсантів і військовослужбовців.

Виклад основного матеріалу. Перші електричні вантажівки з'явилися ще на початку ХХ століття, коли електропривод, значно простіший за двигуни внутрішнього згоряння, нерідко вважався більш оптимальним (звісно, внаслідок малого запасу ходу, лише у широкому спектрі задач міської логістики). І вже тоді електричний прилад найсильніше зарекомендував себе у колі задач, пов'язаних із необхідністю частих зупинок, протягом яких ДВЗ марно витрачає паливо на холостому ході (яскравим прикладом є вивіз сміття й автомобіль Electricar DV4, що експлуатувався у м. Бірмінгем, Англія, з 1938 по 1971 рік [17]). Зауважимо, що у ті часи можливості рекуперації енергії автомобіля на гальмуванні зазвичай були доволі обмеженими або взагалі відсутніми, а поява сучасних масових brake-by-wire систем у середині 90-х років надала електричному приводу на автотранспорті додаткової переваги над ДВЗ, особливо у міському циклі руху та ще більш специфічних застосуваннях, до яких відносяться і курси водіння.

В останній час електрифікація вантажного транспорту йде високими темпами, особливо у США, Європі та Китаї. Виробники пропонують електричні вантажівки всіх типів, починаючи з найбільш легкої категорії і закінчуючи важкими трейлерами і кар'єрними самоскидами. Це стало можливим у тому числі й завдяки низці ключових інновацій, що зробили електричні вантажівки життєздатною альтернативою традиційним дизельним

автомобілям. Основними серед них є удосконалення акумуляторних технологій і розвиток інфраструктури швидкісної зарядки.

Акумуляторні батареї. Щільність енергії в акумуляторних батареях протягом останнього десятиліття зростала приблизно на 5-7% щорічно. Її значення у сучасних літій-іонних батареях сягає понад 300 Вт·год/кг порівняно з приблизно 100-150 Вт·год/кг десять років тому. І певний потенціал для подальшого покращення даного типу акумуляторних батарей все ще зберігається [16]. Такі компанії, як BYD, CATL і Tesla неперервно вдосконалюють спеціалізовані акумулятори батарей для важкого автотранспорту, які забезпечують поступове збільшення запасу ходу та максимально можливої швидкості заряджання. Альтернативний варіант у формі літій-залізо-фосфатних батарей має гірші показники з точки зору енергетичної щільності (біля 200 Вт·год/кг), проте є значно безпечнішим і здатним видавати більшу потужність на 1 кг маси. Вартість обох типів батарей вже знаходиться на рівні \$80 за 1 кВт·год (що є приблизно у три з половиною рази меншим, ніж 10 років тому).

Наслідком вказаного прогресу у технологіях батарей, їх стрімкого здешевлення, а також поступового розвитку мережі потужних зарядних станцій є те, що сьогодні практично всі великі автовиробники мають власні лінійки електричних вантажівок. Деякі крупні логістичні компанії, як Amazon, навіть планують повністю перейти на електричний транспорт протягом наступних 10-15 років.

Технічні характеристики. Однією з найбільш важливих характеристик електричних автомобілів, коли мова йде про їх практичне застосування, є середня витрата енергії на 1 км подоланої відстані, яка зазвичай вимірюється у кВт·год/км і є прямим аналогом витрати палива у літрах на 100 км. Дослідженню залежності цього показника від умов руху та категорії вантажівки було присвячено багато наукових робіт, загальні результати яких можна підбити наступним чином: споживання сучасних автотрейлерів потрапляє у діапазон від 0.8 до 1.9 кВт·год/км, де максимальні значення відповідають 40-тонним трейлерам, що рухаються швидкісними хайвеями, а мінімальні значення – міському циклу руху вантажівок масою 10-15 т [18]. Зрозуміло, що споживання вантажівок легкої і середньої категорій є ще меншим, наприклад, Mitsubishi eCanter із завантаженою масою 7.5 т споживає біля 0.7 кВт·год/км [19].

Враховуючи, що значна частина загального споживання енергії йде на долаття опору повітря при русі по трасі на максимальній дозволений швидкості (незалежно від маси автомобіля) і на надання автомобілю кінетичної енергії при розгонах (пропорційно його масі), а також на систему кондиціювання кабіни тощо, то у контексті курсів водіння на автомобілях з масою біля 5 т можна впевнено очікувати середнього споживання енергії, меншого за 0.5 кВт·год/км, навіть за умови більш частих зупинок, ніж у типовому міському циклі руху (у т.ч. завдяки системі рекуперації енергії).

Що стосується повної енергетичної ємності батареї, то її значення, що перевищують 500 кВт·год (для трейлерів 8-го класу) більше не виглядають фантастичними, як ще 2-3 роки тому, а Scania вже пропонує серійні зразки із батареями у 728 кВт·год. Але такі місткі батареї дійсно потрібні лише для найбільш вантажопідйомних автотрейлерів, що працюють виключно на дуже довгих маршрутах. А для міських чи регіональних перевезень вантажівками із загальною масою до 10 т зазвичай цілком вистачає батарей ємністю до 150 кВт·год.

Зарядна інфраструктура. Однією з основних проблем переходу логістики на електричний вантажний транспорт є необхідність попереднього створення розвиненої мережі потужних зарядних станцій. І у розрізі України це питання є найбільш проблемним.

Якщо для заряджання легкових автомобілів і фургонів цілком достатньо малопотужних станцій, кількість яких із кожним роком стає все більшою як у містах, так і поза їхніми межами (наприклад, на важливій сьогодні логістичній артерії Одеса-Рені, довжиною біля 300 км, вже налічується як мінімум 9 електрозаправок за межами великих міст (Одеси та Ізмаїла).

Але для швидкого заряджання електричних вантажівок потрібні дуже потужні станції як мінімум від 300 кВт і вище, які в Україні й досі практично відсутні. Однак такі великі потужності не є принципово обов'язковими, хоча й бажані. Альтернативною є станції середньої потужності, прикладом яких можна навести мережу YASNO E-mobility енергетичної компанії Yasno, яка налічує тільки поза межами Києва 26 електрозаправок з конекторами потужністю від 50 до 180 кВт [21], по три з яких розташовані на стратегічно важливих трасах Київ-Львів, Київ-Одеса і Київ-Харків (протяжністю менше 500 км кожна). Тобто одна лише мережа цієї компанії здатна забезпечити порівняно швидке заряджання певної кількості далекобійних вантажівок на основних транспортних магістралях країни.

Вартість експлуатації. Коли мова йде про професійне застосування автомобільного транспорту, стає важливою не його початкова ціна, а загальна вартість експлуатації протягом всього терміну експлуатації.

На сьогодні існує чимало міфів про вартість експлуатації електричних автомобілів, значне число яких прийшло зі сфери легкових цивільних електричних авто перших поколінь. Більшість з цих міфів стосується вартості та строку придатності акумуляторної батареї, які на початку епохи електрифікації дійсно залишали бажати кращого. Окрім того традиційні літій-іонні акумулятори були і залишаються порівняно небезпечними стосовно самозаймання у видку дефектів чи пошкоджень.

Однак за більше ніж десятиріччя неперервного вдосконалення більшість із цих проблем була у значній мірі вирішена чи, принаймні, істотно зменшена.

Наприклад вартість заміни батареї впала пропорційно вартості літій-іонних елементів, тобто приблизно у три рази, у той час як середня тривалість її експлуатації дещо зросла. У випадку ж, коли мова йде саме про вантажний автотранспорт, старі батареї (які все ще можуть мати від 50 до 70% від своєї початкової ємності) відмінно підходять для організації потужних стаціонарних джерел резервного живлення, тобто їх кінцева вартість є далекою від нульової.

Ситуація із пожежонебезпечністю залишається складною у випадку застосування легких літій-іонних батарей, однак більш сучасні літій-залізо-фосфатні батареї, головним недоліком яких залишається лише дещо більша маса при тій самій ємності, практично позбавлені цієї проблеми, а також у значній мірі є екологічно безпечнішими. Отже ризик втрати чи пошкодження транспортного засобу внаслідок займання стає не більшим, ніж у випадку типових дизельних автомобілів.

Окрім того, неперервне зростання загального числа електричних вантажівок у сфері професійної логістики в останні роки відкрило можливість для серйозних досліджень фактичних витрат на обслуговування цього виду транспорту, а також визначення загальної вартості їхньої експлуатації протягом всього її терміну.

Наприклад, встановлено, що загальна вартість експлуатації типових електричних вантажівок 8-го класу із запасом ходу до 160 км вже є меншою, ніж у найкращих дизельних аналогів. А у випадку вантажівок з запасом ходу біля 400 км вартість експлуатації вже зрівнялася із дизельними [22]. Загалом, використання електричних вантажівок у міському циклі руху та схожих із ним за профілем моделях вже є економічно виграшним, особливо у легкій та середній категоріях [23].

Більш того, вартість експлуатації нового електричного вантажного автомобіля Volvo FH Electric з дальністю пробігу до 300 км (лідера лінійки електромобілів Volvo) протягом середнього терміну експлуатації (1.5 млн. км пробігу) оцінюється приблизно у півтора рази нижчою, ніж у аналогічних автомобілів того ж виробника із дизельними двигунами [24].

Варто додати, що всі наведені дослідження проводилися з урахуванням цін на електроенергію на рівні країн ЄС, який є значно вищим за ціну електроенергії в Україні.

У всіх зазначених випадках головними факторами економії є витрати на паливо, а також на обслуговування двигуна (відсутні заміни мастила, поточні та капітальні ремонти

тощо), гальм (значно менший знос внаслідок гальмування у тому числі й електричними двигунами) тощо.

Застосування у навчальній сфері. Повертаючись до питання впровадження електричного вантажного транспорту саме у сфері курсів водіння автомобільної техніки варто відзначити, що більшість із зазначених вище недоліків електромобілів не відіграють у ній практично ніякого значення.

А саме, враховуючи малий добовий пробіг і порівняно малу масу вантажівки, а також її типове використання без вантажу, відпадає необхідність у застосуванні високовартісних батарей великої ємності або порівняно небезбечних літій-іонних батарей (які лише дещо зменшують втрату вантажопідйомності порівняно із літій-залізо-фосфатними батареями).

Також повністю відпадає потреба у розгалуженій мережі зарядної інфраструктури, бо після виконання всіх навчальних вправ автомобілі щоденно повертаються в парк, де можуть заряджатися протягом ночі (тобто у більшості випадків довше 12 годин). Це, разом із порівняно малою для вантажного транспорту ємністю батареї, нівелює й проблему забезпечення високої потужності зарядних станцій. На доданок, можливість заряджання протягом нічного періоду дозволяє додатково заощаджувати, завдяки значно меншій ринковій вартості електрики у нічний період.

Падіння ємності батарей протягом експлуатації також становить значно меншу проблему, ніж у логістичних застосуваннях, внаслідок малого щоденного пробігу, який зменшує знос самої батареї та ставить менші вимоги до її залишкової ємності, дозволяючи проводити її заміну на значно більш пізніх етапах деградації.

Одночасно електричний привід надає ряд додаткових переваг. По-перше, навчання водінню пов'язане з великою кількістю зупинок при працюючому двигуні, а також русі на низькій швидкості. З одного боку це дещо зменшує виграш, який надає система рекуперації енергії, але істотно збільшує економічність порівняно з автомобілями з ДВЗ.

Більш того, *drive-by-wire* – комп'ютеризована система керування електричними автомобілями – відкриває неймовірні можливості з підвищення гнучкості навчання. А саме, імітації різних видів автомобілів і двигунів, а також різних режимів і умов їхньої експлуатації, що є неможливим при застосуванні традиційних авто.

Електричний двигун здатний розвивати великий крутний момент навіть на малих обертах, що є неможливим для ДВЗ. І вже сама по собі ця здатність є дуже корисною у багатьох практичних ситуаціях. Однак у контексті навчання вона дозволяє електричному двигуну імітувати роботу двигунів внутрішнього згоряння (але не навпаки) різних видів і характеристик. Наприклад, для ознайомлення з поведінкою певних типів транспорту чи моделей автомобілів. Ретельно розроблена програмна система може частково імітувати динаміку завантаженого автомобіля навіть за відсутності вантажу.

І останньою (не за важливістю, а лише за переліком) її перевагою є здатність “пробачати” помилки водія у ситуаціях, здатних призвести до пошкодження двигуна чи трансмісії звичайного автомобіля, які часто трапляються саме із недосвідченими водіями-початківцями.

Висновки. Підсумовуючи, можемо виділити наступне: з одного боку, ринок електричних вантажівок йде фактично тим самим шляхом, що і ринок легкових, тобто він поступово розвивається разом із здешевшанням самих автомобілів і розвитком зарядної інфраструктури. На сьогодні вже немає жодних сумнівів, що за декілька років електричні вантажівки стануть не менш важливою складовою цивільної логістики, ніж сьогодні є автомобілі з ДВЗ.

Однак, попри всі наведені переваги і достатній вибір сучасних закордонних і вітчизняних електричних вантажівок на ринку України, очікувати на широке впровадження електричного транспорту у ЗС України протягом найближчих років навряд варто.

Серед основних причин цього є недоцільність застосування існуючих зразків у прифронтових регіонах, їх занадто високу залежність від належного функціонування

стаціонарних електромереж і системи електроенергетики країни у цілому, які наразі знаходяться у доволі важкому стані внаслідок повномасштабної агресії російської федерації.

Однак ці та інші проблеми і характерні недоліки електричного автотранспорту не виглядають істотними перешкодами для його поступового впровадження у тилкових підрозділах, до яких відносяться різноманітні навчальні центри та заклади військової освіти. Навпаки, саме електрифікація транспорту у цій сфері (враховуючи всі пов'язані з цим переваги, перелічені вище) може стати тим першим поштовхом, який у майбутньому призведе до широкого впровадження електричних транспортних засобів у різні сфери сектору безпеки та оборони України, де воно принципово є доцільним, в тому числі й завдяки збільшенню обізнаності особового складу як логістичних, так і ремонтних служб із відповідним типом техніки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Курс водіння автомобільної техніки. БП 7-00(01).01. Головне управління підготовки Збройних Сил України спільно з Центром оперативних стандартів і методики підготовки Збройних Сил України, 2019, 125 с.
2. Pruckner, A., Stroph, R., Pfeffer, P. Drive-By-Wire. In: Eskandarian, A. (eds) Handbook of Intelligent Vehicles. Springer, London, 2012, 1599 p. URL: https://doi.org/10.1007/978-0-85729-085-4_11.
3. Katupitiya, J. Drive-by-Wire Technologies. In: Zhang, Q. (eds) Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies. Springer, Cham, 2023. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7_138-2.
3. Pillai, A.V., Manojkumar, B. Overview of drive by wire technologies in automobiles. *AIP Conf. Proc.* 2022. 2452 (1): 030001. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0113232>.
4. Вартість бензину А-95 на АЗС України. Міністерство фінансів України. Електронний ресурс. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/a95/>.
5. Вартість дизельного палива на АЗС України. Міністерство фінансів України. Електронний ресурс. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/>.
6. Вартість автогазу на АЗС України. Міністерство фінансів України. Електронний ресурс. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/lpg/>.
7. Закон України "Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо імплементації положень актів права Європейського Союзу щодо акцизного податку". Електронний ресурс. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3878-20#Text>.
8. Pata, U.K., Destek, M.A., Manga, M., Cengiz, O. Militarization of NATO countries sparks climate change? Investigating the moderating role of technological progress and financial development. *Journal of Cleaner Production*. 2023. № 409 (10). P. 137241. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137241>
9. NATO, NATO Climate Change and Security Action Plan. 2021. URL: https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_185174.htm.
10. Hannan, M.A., Azidin, F.A., Mohamed, A. Hybrid electric vehicles and their challenges: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. № 29. P. 135–150. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.097>.
11. Vasiljević, S, Aleksandrović, B, Glišović, J, and Maslač, M. Regenerative braking on electric vehicles: working principles and benefits of application. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2022. № 1271. P. 012025 URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1271/1/012025>.
12. NATO Climate Change and Security Action Plan. Compendium of Best Practice. 2023. 178 с. URL: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/7/pdf/230710-climate-change-best-practices.pdf.
13. Conger, J., Havstrup, E., Jasper, L. et al. World Climate and Security Report: Military Innovation and the Climate Challenge 2024, International Military Council on Climate and Security, Council on Strategic Risks. 2024. 152 pp. URL: <https://councilonstrategicrisks.org/wp-content/uploads/2024/07/WCSR-2023-24.pdf>.
14. Крайник Л.В., Кіхтан А.В., Кохан В.Ф., Волошук М.Я. Концептуальні основи формування гібридного привода автомобіля високої прохідності. *Військово-технічний збірник*. 2022. Вип. 27. С. 10-18. URL: 10.33577/2312-4458.27.2022.10-18
15. Niu, H., Zhang, N., Lu, Y. et al. Strategies toward the development of high-energy-density lithium batteries. *Journal of Energy Storage*. 2024. № 88. P. 111666. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111666>

16. De Boer, R. F. *Birmingham's Electric Dustcarts*. Birmingham & Midland Motor Omnibus Trust, 1990.
17. Shoman, W., Yeh, S., Sprei, F., Plötz, P., Speth, D. Battery electric long-haul trucks in Europe: Public charging, energy, and power requirements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2023. V. 121. № 103825. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103825>
18. Liimatainen, H., van Vliet, O., Aplyn, D. The potential of electric trucks – An international commodity-level analysis. *Applied Energy*. 2019. № 236. P. 804-814. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.017>
19. Mohammed J and Villegas J. Total impact of electric vehicle fleet adoption in the logistics industry. *Front. Sustain.* 2023. № 4. P. 1158993. URL: [10.3389/frsus.2023.1158993](https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1158993)
20. Електронний ресурс. URL: <https://yasno.com.ua/charge-stations>
21. Bhardwaj S, Mostofi H. Technical and Business Aspects of Battery Electric Trucks – A Systematic Review. *Future Transportation*. 2022. № 2(2). P. 382-401. URL: <https://doi.org/10.3390/futuretransp2020021>
22. Samet, M.J., Liimatainen, H., Pihlatie, M., Patrick, O., van Vliet, R. Levelized cost of driving for medium and heavy-duty battery electric trucks. *Applied Energy*. 2024. № 361. P. 122976. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123287>
23. Chojnowski J, Dziubak T. Multi-Criteria Analysis of Semi-Trucks with Conventional and Eco-Drives on the EU Market. *Energies*. 2024. № 17(5). P. 1018. URL: <https://doi.org/10.3390/en17051018>

REFERENCES:

1. “Kurs vodinnia avtomobilnoi tekhniki” [Automotive driving course], BP 7-00(01).01. Holovne upravlinnia pidhotovky Zbroinykh Syl Ukrainy spilno z Tsentrom operatyvnykh standartiv i metodyky pidhotovky Zbroinykh Syl Ukrainy, 125 p.
2. Pruckner, A., Stroph, R. and Pfeffer, P. (2012), “Drive-By-Wire”, in: Eskandarian, A. (eds) *Handbook of Intelligent Vehicles*, Springer, London. URL: https://doi.org/10.1007/978-0-85729-085-4_11.
3. Katupitiya, J. (2023), “Drive-by-Wire Technologies”, in: Zhang, Q. (eds) *Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies*, Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7_138-2.
4. Pillai, A.V. and Manojkumar, B. (2022), “Overview of drive by wire technologies in automobiles”, *AIP Conf. Proc.*, 2452 (1), p. 030001. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0113232>.
5. Costs of A-95 gasoline at Ukrainian gas stations. Ministry of Finance of Ukraine. Electronic resource. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/a95/>.
6. Costs of diesel fuel at gas stations in Ukraine. Ministry of Finance of Ukraine. Electronic resource. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/>.
7. Costs of autogas at gas stations in Ukraine. Ministry of Finance of Ukraine. Electronic resource. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/lpg/>.
8. Law of Ukraine "On Amendments to the Tax Code of Ukraine Regarding the Implementation of the Provisions of the European Union Law on Excise Tax". Electronic resource. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3878-20#Text>.
9. Pata, U.K., Destek, M.A., Manga, M. and Cengiz, O. (2023), “Militarization of NATO countries sparks climate change? Investigating the moderating role of technological progress and financial development”, *Journal of Cleaner Production*, № 409 (10), p. 137241. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137241>
10. NATO (2021), “NATO Climate Change and Security Action Plan”. Electronic resource. URL: https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_185174.htm.
11. Hannan, M.A., Azidin, F.A. and Mohamed, A. (2014), “Hybrid electric vehicles and their challenges: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, № 29, pp. 135–150. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.097>.
12. Vasiljević, S., Aleksandrović, B., Glišović, J. and Maslač, M. (2022), “Regenerative braking on electric vehicles: working principles and benefits of application”, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, № 1271, p. 012025. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1271/1/012025>.
13. NATO (2023), “NATO Climate Change and Security Action Plan. Compendium of Best Practice”, 178 p. URL: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/7/pdf/230710-climate-change-best-practices.pdf.
14. Conger, J., Havstrup, E. and Jasper, L. et al. (2024), “World Climate and Security Report: Military Innovation and the Climate Challenge 2024”, International Military Council on Climate and Security,

Council on Strategic Risks, 152 p.

URL: <https://councilonstrategicrisks.org/wp-content/uploads/2024/07/WCSR-2023-24.pdf>.

15.Kraynyk L., Kikhtan A., Kokhan V. and Voloshchuk M. (2022), "Konceptualjni osnovy formuvannja ghibrydnogho pryvoda avtomobilja vysokoji prokhidnosti" [Conceptual bases for forming a hybrid drive of a high traffic vehicle], *Viiskovo-tekhnichnyi zbirnyk*, № 27, pp. 10-18.

URL: 10.33577/2312-4458.27.2022.10-18

16.Niu, H., Zhang, N. and Lu, Y. et al (2024), "Strategies toward the development of high-energy-density lithium batteries", *Journal of Energy Storage*, № 88, p. 111666.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111666>

17.De Boer, R.F. "Birmingham's Electric Dustcarts". Birmingham & Midland Motor Omnibus Trust, 1990.

18.Shoman, W., Yeh, S., Sprei, F., Plötz, P. and Speth, D. (2023), "Battery electric long-haul trucks in Europe: Public charging, energy, and power requirements", *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 121, p. 103825. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103825>

19.Liimatainen, H., van Vliet, O. and Aplyn, D. (2019), "The potential of electric trucks – An international commodity-level analysis", *Applied Energy*, № 236, pp. 804-814.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.017>

20.Mohammed J. and Villegas J. (2023), "Total impact of electric vehicle fleet adoption in the logistics industry", *Front. Sustain*, № 4, p.1158993. URL: 10.3389/frsus.2023.1158993

21.Electronic resource. URL: <https://yasno.com.ua/charge-stations>

22.Bhardwaj S. and Mostofi H. (2022), "Technical and Business Aspects of Battery Electric Trucks – A Systematic Review", *Future Transportation*, № 2(2), pp. 382-401.

URL: <https://doi.org/10.3390/futuretransp2020021>

23.Samet, M.J., Liimatainen, H., Pihlatie, M., Patrick, O. and van Vliet, R. (2024), "Levelized cost of driving for medium and heavy-duty battery electric trucks", *Applied Energy*, № 361, p. 122976.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123287>

24.Chojnowski J. and Dziubak T. (2024), "Multi-Criteria Analysis of Semi-Trucks with Conventional and Eco-Drives on the EU Market", *Energies*, № 17(5), p. 1018. URL: <https://doi.org/10.3390/en17051018>

Horoshko O.O, PhD. Zavalniuk V.V.

PROSPECTS FOR IMPLEMENTING ELECTRIC TRUCKS IN DRIVER TRAINING FOR MILITARY NEEDS

This article analyzes the prospects for integrating electric trucks into the driver training process for military applications. The study focuses on assessing the current state of freight transport electrification, its challenges, and near-term prospects. Additionally, it examines the pressing issue of enhancing the efficiency of vehicle operation training courses in the context of rising fuel costs and the need to optimize the training process. This optimization must account for the broad range of vehicles adopted over the past few years in response to the full-scale aggression of the Russian Federation.

The study considers electric transport as a promising alternative to conventional internal combustion engine (ICE) vehicles, particularly in driver training, given global economic and technological trends as well as political developments within the EU and NATO. The inclusion of global warming and environmental preservation in NATO's list of key security threats in 2021, coupled with Ukraine's aspirations for EU and NATO membership in the near future, further reinforces the rationale for adopting more environmentally sustainable transport solutions in the country's security and defense sector.

Among the key advantages of using electric trucks for training purposes, the study highlights the significant reduction in fuel and maintenance costs, the ability to simulate various driving modes and vehicle characteristics, and the capacity of electronic control systems to mitigate errors made by inexperienced drivers. Additionally, electric trucks offer ease of maintenance and high cost efficiency within the training cycle. These benefits are particularly relevant given the specifics of driver training, which typically involve frequent stops, low average speeds, and short daily mileage.

The gradual introduction of electric transport, initially in rear-echelon training units, already appears to be a viable step. This move could serve as an important milestone toward the broader electrification of automotive transport within Ukraine's security and defense sector.

Keywords: driving, driver training, electric trucks, electric drive, drive-by-wire.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СУЧАСНОЇ АНАЛІТИЧНОЇ РОБОТИ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

У роботі відмічено, що для суттєвого підвищення якості сучасної аналітичної роботи необхідно оволодіти структурованими аналітичними методами аналітичної діяльності. Чи готуєте ви коротку, чітко зосереджену розвідувальну інформацію для замовника, або інший матеріал з більшою деталізацією, який задовольнить головного замовника, необхідно, щоб аналітик визначив більше одного ключового замовника для розвідувальної інформації. Структуровані аналітичні методики рекомендують писати кілька версій статей, при цьому кожен адаптувати до різних ключових замовників. Зазвичай найкращою стратегією є складання конспектів обох статей перед початком дослідження та написання. Тоді, коли ви почнете писати першу статтю, ви будете знати, яку інформацію слід зберегти і пізніше включити в другу статтю. При підготовці розвідувальної інформації поставте собі розвідувальне запитання- яка ключова проблема або питання, з якою бореться ваша цільова аудиторія або з якою їй доведеться боротися у майбутньому. Яка їхня найбільша стурбованість або найбільша потреба на даний момент. Переконайтеся, що ключове питання чітко зосереджене, може бути вирішене практично і може бути відповідне кількома способами. Яка основна думка, яку ви хочете передати своєму ключовому замовнику або замовникам. Яка головна ціль, або ключова думка яку б ви висловили замовнику, якщо ви мали можливість з ним поспілкуватися. Повідомлення повинно бути сформульоване як коротке, чітке та пряме твердження перед початком написання вашої розвідувальної інформації. Іноді легше зрозуміти повідомлення, якщо ви обговорюєте свою статтю з колегою або керівником і після цього записуєте основну тему або висновок, який впливає з цієї розмови. Маючи на увазі ваше основне повідомлення, чи можете ви представити це повідомлення чітко, прямо та переконливо вашому замовнику розвідувальної інформації. Чи маєте ви лаконічну лінію аргументації, яка легко і логічно протікає через статтю та розповідає цікаву історію. Чи можете ви проілюструвати цей сюжет так само переконливими картинками, відео або іншими графічними матеріалами.

Ключові слова: розвідувальна інформація, головний замовник, структуровані методики, аналітична діяльність, цільова аудиторія, найкраща стратегія, розвідувальне запитання, практичне вирішення.

Вступ. Сучасний досвід проведення розвідувальної аналітичної роботи показує, що для підвищення її якості, ефективного та швидкого впровадження структурованого аналізу потрібно досконало знати і інші техніки, які допомагають при концептуалізації розвідувальної інформації на початку проєкту. Вони включають Чеклист Початку Роботи, Чеклист замовника, Переформулювання Проблеми, Аналіз Венна та Структурований Брейнстормінг[1]. Ця техніка була розроблена на основі навчальних матеріалів, що використовуються в кількох агентствах уряду США, і подальше вдосконалена під час кількох навчальних сесій, проведених з аналітиками Департаменту Безпеки США. Перевірочний список для замовника допомагає аналітику відповідати потребам основного замовника для підготовки розвідувальної інформації. Коли він використовується належним чином, тоді розвідувальна інформація має максимально можливу користь. Якщо продукт – це документ, презентація або веб-публікація – призначений обслуговувати багато різних типів замовників, важливо сконцентруватися на замовнику або замовниках, які складають основну аудиторію і відповідати їх конкретним побажанням або вимогам [2].

Аналіз останніх досліджень. Аналіз публікацій в області дослідження можливостей підвищення якості сучасної аналітичної роботи показує, що це питання розглядається у багатьох виданнях [1-3]. Він показує, що перевірочний список для замовника допомагає аналітику зосередитися на якості підготовки розвідувальної інформації. Замовники, для яких готується аналітична розвідувальна інформація, пред'являють високі вимоги до її якості. Тому, коли аналітик тільки починає роботу над проєктом, він ставить серію різноманітних питань. Ідеально, аналітичний продукт повинен відповідати потребам основного замовника, і важливо визначити потреби на самому початку. Також може бути корисно переглядати перевірочний список для замовника пізніше у процесі підготовки, щоб забезпечити те, що продукт продовжує зосереджуватися на потребах основного замовника [4-7].

У сучасній літературі, з питань покращення якості розвідувальної інформаційної роботи, відмічається, що коли під час підготовки інформації ідентифіковано більше одного ключового замовника, важливо розглядати можливість підготовки різних варіантів, призначених для кожного ключового замовника. Зазвичай, ефективніше скласти план кожного документа перед початком написання. Це виконає дві задачі: дасть аналітику хороше уявлення про всі типи інформації, які будуть потрібні для написання кожного документа; забезпечить швидке виконання завдання для аналітика під час початку роботи над новим проєктом [4-6].

Мета статті. Мета статті полягає у дослідженні можливостей підвищення якості сучасної аналітичної роботи. Розвідувальна інформація буде більш переконливою, якщо потреби та вподобання основного замовника будуть враховані на кожному етапі процесу підготовки матеріалу [3]. Тому всебічний аналіз перевірочного списку та його вплив на підвищення якості аналітичної роботи є метою статті, що допомагає зосередити увагу на найважливіших аспектах і забезпечити створення строго обґрунтованої відповіді на поставлене завдання.

Виклад основного матеріалу. Протягом останніх років аналітичні техніки безпосередньо впливають на підвищення якості та ефективності аналітичної роботи. Водночас особливу увагу звертають на те, що розвідувальна інформація буде більш переконливою і якісною, якщо потреби та вподобання основного замовника будуть враховані на кожному етапі процесу підготовки матеріалу. Використання перевірочного списку також допомагає зосередити увагу на найважливіших аспектах і забезпечити створення строго обґрунтованої відповіді на поставлене завдання [4]. Перед складанням змісту або написанням документа кваліфікований аналітик повинен відповісти на наступні питання: хто є ключовою особою, для якої розробляється розвідувальна інформація; чи відповідь ця інформація на питання, яке поставив замовник; чи поставив замовник правильне питання; якщо ні, чи потрібно вам пояснити вашу відповідь у ширшому контексті, щоб краще сформулювати проблему перед вирішенням його конкретної проблеми, яке найважливіше повідомлення передати цьому замовнику, яку додану вартість ви надаєте своєю відповіддю, як очікується, що клієнт використає цю інформацію, скільки часу клієнту потрібно, щоб розібратися у вашій розвідувальній інформації, який формат передачі інформації буде найефективнішим, чи можливо узяти суть у одну або декілька ключових графіків; чи потрібно обмежити розповсюдження цього документа; яка класифікація найбільш відповідна; чи слід підготувати різну інформацію на різних рівнях обмеження; який рівень зацікавленості або терпимості до технічної мови та деталей у замовника; чи можете ви надати деталі в додатках або додаткових матеріалах, графіках чи слайдах; чи очікує замовник, що ви звернетесь до інших експертів, щоб використати їхні знання при написанні цього документа; якщо так, яким чином ви позначите внесок інших експертів у підготовлену інформацію; до кого може звернутися замовник за іншими точками зору на цю тему; які дані або аналіз можуть надати інші особи, які можуть вплинути на те, як замовник реагуватиме на те, що ви будете готувати; які перспективи є у інших зацікавлених сторін по цьому питанню; які відповідальності мають інші сторони. Інші техніки, які допомагають аналітику подолати

перешкоду, коли він тільки починає працювати над проектом, включають: Перевірку на початку роботи; Переформулювання проблеми; Структурований Брейнстормінг; Розгалужене мислення та Генерацію кількох гіпотез [5]. Більшість аналітичних проектів починаються з формулювання проблеми, чому ця проблема виникла і як вона буде вирішена. Переформулювання проблеми – це техніка експериментування з різними способами визначення проблеми. Це важливо, оскільки, на перший погляд, невеликі відмінності у тому, як проблему визначають, можуть мати значний вплив на якість розвідувальної інформації та напрямок дослідження. Використання переформулювання проблеми на початку проекту допомагає розпочати роботу на правильному шляху. Це також може бути використано на будь-якому етапі аналітичного процесу, коли вводиться нова гіпотеза або критичні нові докази. Переформулювання проблеми особливо корисне для запобігання «місійному розтягненню», яке виникає, коли аналітики ненавмисно зміщують напрям аналізу від основного розуміння інтелектуального питання або проблеми, часто через складність проблеми або сприйнятого браку інформації. Аналітики виявили, що переформулювання проблеми корисне, коли їхнє мислення застрягло, і вони потребують допомоги, щоб вийти з цього стану. Це найефективніше, коли процес визначення розробляється спільно і відстежується відкритим і доступним способом. Правильна ідентифікація проблеми може заощадити значну кількість часу та зусиль, передбачивши непотрібні дослідження та аналіз на погано сформульованій проблемі. Проблеми часто погано представлені, коли вони розташовані на шляху вирішення (Де знаходяться зброя масового знищення в Іраку?), засновані на припущеннях (Коли Китай запускає ракети на Тайвань, чи розпадеться уряд Тайваню?), занадто широкі або неоднозначні (Який статус політичної опозиції в Сирії) [6].

Для стимулювання нових або відмінних думок про найкращий спосіб висловлення проблеми чи питання можуть бути використані наступні тактики, які можуть використовуватися у будь-якому порядку: переформулювати проблему без втрати початкового значення. Перегляньте результати, щоб переконатися, що вони надають кращу основу для проведення дослідження та оцінки для отримання найкращої відповіді; задавати серію питань «чому» або «як» щодо визначення проблеми. Після отримання першої відповіді, питати «чому» це робиться або «як» це робиться. Продовжуйте ставити такі питання, поки ви не будете впевнені, що справжня проблема виявилася. Цей процес особливо ефективний у генерації можливих альтернативних відповідей; розширити фокус, замість того, щоб фокусуватися лише на одній складовій головоломки, відійдіть назад і подивіться на кілька складових разом [7]. З якими аспектами пов'язана проблема; зужити фокус, чи можна поділити проблему на менші частини? Візьміть питання і запитайте про компоненти, які становлять проблему; перенаправлення фокусу, які зовнішні сили впливають на цю проблему, чи включає обман; спробувати повернути проблему на 180 градусів, перевернути проблему з ніг на голову. Чи є проблема та сама, що запитана, чи є вона протилежною до неї. Переформулювання проблеми часто використовується одночасно з перевірочним списком на початку роботи та перевірочним списком для замовника. Також цю техніку відомо як розробка проблеми, переформулювання проблеми та перефразування запитання [8].

Важливе значення у підвищенні якості інформаційної аналітичної роботи має техніка хронології і часових ліній. Хронологія – це список подій або дій, впорядкованих в порядку їх відбуття. Часова лінія – це графічне зображення цих подій у контексті часу відбуття подій та часу між ними. Обидва використовуються для виявлення тенденцій або взаємозв'язків між подіями або діями та, у випадку часової лінії, між подіями та діями, а також іншими техніками в контексті загальних проблем розвідувальних підрозділів. Хронології та часові лінії допомагають у впорядкуванні подій або дій. Кожного разу, коли важливо зрозуміти час і послідовність відповідних подій або визначити ключові події та прогалини, ці техніки можуть бути корисними [9]. Події можуть мати або не мати взаємозв'язок причина-наслідок. Хронології та часові лінії допомагають в ідентифікації зразків і взаємозв'язків між подіями. Ці техніки також дозволяють вам пов'язувати на перший погляд несполучні події з

загальною картиною; виділяти або визначати значні зміни; або допомагати в виявленні тенденцій подальшого розвитку проблем та аномалій. Вони можуть слугувати сховищем для сировинних даних, коли їхнє значення ще не встановлено. Багаторівневі часові лінії дозволяють аналітикам відстежувати одночасні події, які можуть впливати одна на одну. Хронології та часові лінії можуть бути розроблені на початку аналітичного завдання для визначення контексту діяльності, яку слід проаналізувати, але їх також можна використовувати в документах для аналізу потоку звітності, визначення причин аналітичних помилок та виділення значних подій після розвідки. Дії на часовій лінії можуть підштовхувати аналітика до прогнозування можливості існування раніше невідомих подій. Іншими словами, серія відомих подій може бути зрозуміла лише в разі, якщо сталися інші раніше невідомі події. Після цього аналітик може шукати інші показники цих пропущених подій. Хронології та часові лінії можуть бути дуже корисними для організації інформації у форматі, який може бути легко зрозумілий на брифінгу [10]. Хронології та часові лінії є ефективними, але простими способами для впорядкування вхідної інформації, коли ви переглядаєте вашу щоденну поточкову звітність. Для реєстрації результатів дослідження та обґрунтування доказів можна використовувати електронну таблицю Excel або навіть документ Word. Ви можете використовувати інструменти, такі як функція малювання в Excel або «Блокнот аналітика», щоб намалювати часову лінію. Дотримуйтесь цих кроків. Під час дослідження проблеми переконайтеся, що відповідна інформація перелічена з датою або порядком, в якому вона відбулася. Переконайтеся, що дані правильно посилаються. Перегляньте Хронологію або Часову лінію, поставивши такі питання: які часові відстані між ключовими подіями; якщо «тривалі», що спричинило затримку; чи є пропущені фрагменти даних, які можуть заповнити ці прогалини та повинні бути зібрані; чи пропустив аналітик частини інформації, які можуть мати вплив на події або бути пов'язаними з ними; навпаки, якщо події здавалися відбуватися швидше, ніж очікувалося, або якщо не всі події здаються пов'язаними, чи можливо, що аналітик має інформацію, пов'язану з декількома часовими лініями подій; чи містить часова лінія всі ключові події, необхідні для розробки своєчасної, достовірної та актуальної розвідувальної інформації; коли інформація стала відомою аналітику або ключовому учаснику; які інформаційні чи розвідувальні прогалини; чи є на часовій лінії точки, коли ціль особливо вразлива для збору розвідувальної інформації; які події поза цією часовою лінією могли вплинути на діяльність [11]. Якщо готуєте Часову лінію, узагальніть дані вздовж лінії, як правило, горизонтально або вертикально. Використовуйте простір з обох боків лінії, щоб виділити важливі аналітичні моменти. Наприклад, розмістіть факти вище лінії, а аналітичні аспекти або коментарі – нижче лінії. Альтернативно порівнюйте діяльність різних груп, організацій або потоків інформації, розмістивши їх вище або нижче лінії. Якщо взаємодіють декілька учасників, ви можете використовувати декілька ліній, показуючи, як і де вони збігаються. Шукайте взаємозв'язки та закономірності в даних, які з'єднують осіб, місця, організації та інші дії. Визначте прогалини або неясні періоди часу і розгляньте наслідки відсутності доказів. Підготуйте узагальнюючу таблицю, в якій деталізуються ключові події та ключові аналітичні моменти в анованій Часовій лінії [12]. При використанні Часових ліній аналітики можуть неправильно вважати, що події, що відбулися після раніше відбух подій, були спричинені раніше відбутими подіями. Також ця техніка може втратити свою цінність, якщо аналітик не має уявлення при ідентифікації контекстуальних подій, які стосуються інформації в Хронології або Часовій лінії.

Висновки. Отже, в результаті дослідження можливостей підвищення якості сучасної аналітичної роботи, за рахунок використання сучасних аналітичних технік, можна зробити висновок, що протягом останніх років аналітичні техніки безпосередньо впливають на підвищення якості та ефективності аналітичної роботи. При цьому особливу увагу звертають на те, що розвідувальна інформація буде своєчасною, актуальною та більш переконливою і якісною, якщо потреби та вподобання основного замовника будуть враховані на кожному

етапі процесу підготовки матеріалу. Використання перевірного списку також допомагає зосередити увагу на найважливіших аспектах і забезпечити створення строго обґрунтованої відповіді на поставлене завдання. Важливе значення у підвищенні якості інформаційної аналітичної роботи має техніка хронології і часових ліній. Хронологія – це список подій або дій, впорядкованих в порядку їх відбуття; Часова лінія – це графічне зображення цих подій у контексті часу відбуття подій та часу між ними. Обидва використовуються для виявлення тенденцій або взаємозв'язків між подіями або діями та, у випадку часової лінії, між подіями та діями, а також іншими тенденціями в контексті загальної проблеми розвідки. Техніка хронології та часові лінії допомагають у впорядкуванні подій або дій. Техніка хронології та часові лінії можуть бути дуже корисними для організації інформації у форматі, який може бути легко зрозумілий.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Війна в Україні: розвідка Британії розкрила ключовий у найближчий час фактор. <https://www.unian.ua/war/viy-na-rosiji-proti-ukrajini>
2. Ненсі Діксон «Проблема і виправлення уроків, вивчених агентствами розвідки США», 2009 <http://www.nancydixonblog.com/2009/07/the-problem-and-the-fix-for-the-us-intelligence-agencies-lessons-learned.html>.
3. bintel.org.ua/nukma/rozviduvalnij-proces-nato/
4. <https://www.nato.int/docu/review>
5. Левченко О. В., Вінник В. В., Устименко О. В. Розвідка та іноземні армії. Інформаційна робота : навчальний посібник / - Київ: «КНТ», 2022. - 124 с.
6. Військовий стандарт 01.101.004. Видання 2. Воєнна розвідка. Розвідувально-інформаційна діяльність. Терміни та визначення. – К. : Міністерство оборони України, 2015. – 26 с.
7. Варенко В. М. Інформаційно-аналітична діяльність : навчальний посібник. – К. : Університет «Україна», 2014. – 417 с.
8. Процеси розвідувальної діяльності. Стандарт НАТО. Союзницька об'єднана настанова AJP-2.1 (видання В, варіант 1)/ Управління стандартизації НАТО, 2016. – 80 с.
9. Основи розвідувально-інформаційної діяльності: настанова Штабу розвідки Міністерства оборони Великобританії. – К. : ГУР МО України, 2015.– 51 с.
10. [/defpol.org.ua/index.php/produkty-tsentru/49-shliakh-ukrainy-do-nato/1084](http://defpol.org.ua/index.php/produkty-tsentru/49-shliakh-ukrainy-do-nato/1084)
11. "Ситуація бентежна": у ГУР назвали єдиний безпечний варіант для росіян в Криму. Анжеліка Байбак 17:29, 27 вересня 2023 р. https://24tv.ua/chornomorskiy-flot-sevastopoli-vibuh-rozvidtsi-dali-poradu-rosiyanam_n2400724
12. Методичні рекомендації з розробки розвідувальних оцінок (за стандартами провідних країн-членів НАТО). – К. : ГУР МО України, 2018. – 118 с.

REFERENCES:

1. The war in Ukraine: British intelligence revealed a key factor in the near future. <https://www.unian.ua/war/viy-na-rosiji-proti-ukrajini>
2. Nancy Dixon, The Problem and Fix Lessons Learned by US Intelligence Agencies, 2009, <http://www.nancydixonblog.com/2009/07/the-problem-and-the-fix-for-the-us-intelligence-agencies-lessons-learned.html>.
3. bintel.org.ua/nukma/rozviduvalnij-proces-nato/
4. <https://www.nato.int/docu/review>
5. Levchenko O. V., Vinnyk V. V., Ustymenko O. V. Intelligence and foreign armies. Information work: study guide / - Kyiv: "KNT", 2022. - 124 p.
6. Military standard 01.101.004. Edition 2. Military intelligence. Intelligence and information activities. Terms and definitions. - K.: Ministry of Defense of Ukraine, 2015. - 26 p.
7. Varenko V. M. Information and analytical activity: study guide. - K.: "Ukraine" University, 2014. - 417 p.
8. Intelligence activity processes. NATO standard. Allied Joint Instruction AJP-2.1 (edition B, version 1)/ NATO Standardization Office, 2016. – 80 p.

9. Basics of intelligence and information activities: instruction of the Intelligence Staff of the Ministry of Defense of Great Britain. – K.: GUR Ministry of Defense of Ukraine, 2015. – 51 p.
10. /defpol.org.ua/index.php/produkty-tsentru/49-shliakh-ukrainy-do-nato/1084
11. "The situation is embarrassing": the GUR named the only safe option for Russians in Crimea. Anzhelika Baibak 17:29, September 27, 2023 https://24tv.ua/chornomorskiy-flot-sevastopoli-vibuh-rozvidtsi-dali-poradu-rosiyanam_n2400724
12. Methodological recommendations for the development of intelligence assessments (according to the standards of leading NATO member countries). - K.: GUR Ministry of Defense of Ukraine, 2018. - 118

Ph.D., Mamich V.V., Ph.D., Maksimenko Y.A., Ph.D. Didyk V.O.,
Sharshatkin D.Y., Zadorogniu S.M.

RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF IMPROVING THE QUALITY OF THE CURRENT ANALYTICAL WORK OF INTELLIGENCE UNITS

The paper notes that to significantly improve the quality of modern analytical work, it is necessary to master structured analytical methods of analytical activity. Whether you are preparing a short, clearly focused intelligence information for a customer, or other material with greater detail that will satisfy the main customer, it is necessary for the analyst to identify more than one key customer for intelligence information. Structured analytical methods recommend writing several versions of articles, while adapting each to different key customers. It is usually a good strategy to prepare outlines of both articles before you start researching and writing. Then, when you start writing the first article, you will know what information to keep and later include in the second article. When preparing your intelligence, ask yourself an intelligence question - what is the key problem or issue that your target audience is struggling with or will have to deal with in the future. What is their biggest concern or need at the moment? Make sure that the key question is clearly focused, can be practically addressed, and can be addressed in more than one way. What is the main point you want to convey to your key client or clients? What is the main purpose or key message you would convey to your client if you had the opportunity to talk to them? The message should be formulated as a short, clear, and direct statement before you begin writing your intelligence. Sometimes it is easier to understand the message if you discuss your article with a colleague or supervisor and then write down the main theme or conclusion that emerges from that conversation. With your main message in mind, can you present this message clearly, directly, and convincingly to your intelligence client? Do you have a concise line of argument that flows easily and logically through the article and tells an interesting story? Can you illustrate this story with equally compelling pictures, videos, or other graphic materials?

Keywords: intelligence, master customer, structured methods, analytical activities, target audience, best strategy, intelligence question, practical solution.

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ СТРІЛЕЦЬКИХ ПЛАТФОРМ ШТУРМОВИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ

Стаття присвячена дослідженню особливостей використання сучасних стрілецьких платформ ударно-штурмовими групами. Відображення класифікації та використання бойових наземних платформ штурмовими підрозділами під час здійснення воєнних операцій.

У ході дослідження використовувалися такі загальнонаукові методи пізнання, як аналіз, синтез, систематизація та порівняння. Результати дослідження показують, що прогрес у розробці сучасних стрілецьких платформ суттєво посилює бойовий потенціал підрозділів оборони як на відкритих просторах так і в урбанізованій місцевості. Стрілецькі платформи оптимізовані для застосування в різноманітних кліматичних умовах, де критичними є компактність, маневреність і низький візуальний профіль, що сприяє в результативному камуфлюванні стрілецького комплексу. Стрімка інтеграція сучасних технологій забезпечує високу швидкість руху та прохідність, що є важливими для оперативного реагування та швидкого адаптування до змін у тактичних ситуаціях.

Високий рівень захисту корпусу систем, включно із захистом від вогнепальної зброї та незначних осколків артилерійських боєприпасів сприяє в успішному виконанні військових операцій без залучення стрільців на полі бою. Універсальність, простота управління та здатність до швидкого польового обслуговування без використання спеціальних інструментів підвищують ефективність використання цих платформ у бойових умовах. Зокрема, аналіз моделей українського виробництва, таких як Шабля, Ironclad, Рись, Лют, Миротворець, Мисливець, САМЕЛ, Ласка 2.0 і Кентавр, демонструє їхній значний потенціал для вирішення комплексних тактичних задач. Перспективи масового впровадження бойових платформ включають радикальне підвищення технологічного рівня бойових операцій, автоматизацію процесів і зміну тактики ведення бойових дій. Практичне значення дослідження полягає у розробці рекомендацій щодо впровадження сучасних стрілецьких платформ у бойову підготовку та оснащення штурмових підрозділів.

Ключові слова: бойові наземні платформи, стрілецька зброя, роботизовано системи, російсько-українська війна.

Вступ та постановка проблеми. Актуальність використання сучасних стрілецьких платформ окремими ударно-штурмовими групами підрозділів оборони стає вкрай важливим фактором на фоні російсько-української війни. Загострення військового конфлікту виявило критичну потребу в передових технологіях військового застосування, які б дозволяли ефективно протистояти агресору без ризику масштабної ескалації. Відразу після інвазії росії на Україну, міжнародна спільнота засудила ведення великомасштабних бойових дій на території України і закликала до негайного припинення агресії. Проте на сьогодні жодна зовнішня держава офіційно не приєдналася до України у відкритому військовому конфлікті, ймовірно через колективний страх перед прямим зіткненням Збройних сил росії та потенційною ескалацією війни.

З огляду на вищезазначені основні обставини стрілецькі платформи, особливо роботизовані, набувають важливості, як потенційний засіб зміцнення оборони без необхідності залучення значної живої сили. Сучасні технології дозволяють країнам НАТО постачати Україні важке озброєння та системи, які не вимагають безпосередньої участі в бойових діях і таким чином знижують ризики прямого зіткнення з російськими військовими підрозділами. Оснащення України роботизованими стрілецькими платформами та платформи для розмінування вибухонебезпечних предметів могло б значно підвищити її здатність до утримання і відновлення контролю над втраченими територіями, що зазнали

окупації, за допомогою автоматизованої оборони ключових позицій, дозволяючи зосередити живу силу в критично важливих районах оборони [1].

Отже, розглядаючи розроблення і використання стрілецьких платформ, необхідно враховувати їх потенційний суттєвий вплив на тактику ведення бойових дій, особливо у контексті асиметричних і урбанізованих війн, які стали характерними на полі бою під час російсько-української війни. Оптимізація використання різноманітних модулів може значно змінити баланс сил на полі бою, пропонуючи нові стратегії, що здатні мінімізувати втрати і максимізувати ефективність ведення бойових дій.

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій. Питання використання сучасних стрілецьких платформ штурмовими підрозділами є мало дослідженим у вітчизняній, однак достатньо досліджені у зарубіжній науковій літературі. Вагомий внесок у дослідження цієї тематики зробили такі автори, як Р. Alston [2], який аналізує вплив роботизованих технологій на права людини та міжнародне гуманітарне право. Його робота окреслює етичні проблеми, пов'язані з використанням автономних систем. J. Hurst [3], досліджує потенціал роїв роботизованих платформ у наступальних маневрах, акцентуючи увагу на тактичних перевагах цієї концепції. У свою чергу, J. Matejka [4] розглядає перспективи інтеграції роботів у бойові підрозділи, зокрема оцінюючи їх ефективність у різних сценаріях ведення наземних бойових дій.

Значний інтерес викликає також праця Р.W. Singer [5], який аналізує юридичні та етичні аспекти використання військових роботів, зокрема в контексті законів війни. Його дослідження пропонує фундаментальну основу для розуміння ролі автономних платформ у сучасних конфліктах. N. Wood [6], акцентує увагу на застосуванні автономних систем у військових конфліктах значної інтенсивності, підкреслюючи їхній вплив на тактику ведення бойових дій.

Вітчизняна література, представлена матеріалами в публікаціях Defence-ua та Армія ФМ [7-8], зосереджується на огляді українських розробок у цій сфері, їхніх технічних характеристиках та потенціалі. Зокрема, підкреслюється важливість впровадження роботизованих систем для сил оборони у контексті адаптації до сучасних викликів бойових зіткнень.

Для дослідження також використовувалася експертна література, зокрема аналітичні статті на платформах, таких як CNAS [9], які висвітлюють сучасні тенденції у розвитку роботизованих платформ на полі бою. Попри значну кількість літератури з цієї теми, відчувається нестача систематизованого матеріалу, що охоплював би всі аспекти використання стрілецьких платформ у штурмових підрозділах. Тому, застосовуючи різні методи наукового аналізу, зібрана інформація була систематизована та подана відповідно до теми дослідження.

Мета статті – показати особливості, перспективи щодо бойового застосування сучасних стрілецьких платформ штурмовими підрозділами під час виконання комплексних вогневих задач.

Виклад основного матеріалу. В XXI столітті діапазон винаходів і застосування різноманітних роботизованих бойових платформ безмежний – від залучення роботизованих комах до використання роботизованих автономних комплексів (наземних, підводних тощо.). З урахуванням вищезазначеного, автор проаналізував Українські, російські та зарубіжні стрілецькі платформи, задля оцінки їх технічних характеристик та ефективності застосування під час російсько-української війни.

Зарубіжні розробки (моделі): SWORDSiMAARS (США) – призначена для розвідки, знищення живої сили і техніки, виявлення та знешкодження вибухових пристроїв; TEODor фірми Telerob Gesellschaft fur Fernhantierungstechnik mbH (Німеччина) – призначена для виявлення та знешкодження вибухових пристроїв, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, військових операцій; MULE фірми Lockheed Martin (США) – багатофункціональний важкий військовий робот [10].

Російські розробки (моделі). УРАН-9 – бойовий роботизований комплекс використовується для вогневої підтримки та розвідки; УРАН-6 – роботизований інженерний комплекс; Соратник – універсальний робот, призначений для вогневого впливу на противника та доставки провіанту; Платформа-М – легка роботизована платформа, використовується для атак на короткі дистанції і в розвідувальних операціях [11].

Українські розробки (моделі). Сьогодні в Україні здійснюються пошуки оптимальних за ціною, широким комплексним застосування моделей стрілецьких платформ, які можуть бути впроваджені у масове виробництво. На сьогодні дев'ять різних моделей стрілецьких бойових наземних платформ вже розроблені (модернізуються) для подальшого широкого бойового використання на полі бою, які відображені в Табл.1.

Таблиця 1

Список бойових наземних платформ України та їх основні технічні характеристики [12-13]

Назва	Розробник Виробник	Основні характеристики	Особливості	Дата введення в експлуатацію
Шабля	Roboneers	Підтримка кулеметів 7,62 ПКТ, М240, М2.	Кулеметна турель, активне використання у бойових умовах.	Вересень 2023
Ironclad	Roboneers	Швидкість до 20 км/г, тепловізійна камера, маса 1800 кг, корисне навантаження до 400 кг, озброєння Шабля М2.	Захист позицій та штурм ворожих укріплень.	Січень 2024
Рись	Roboneers	Вага 130 кг, вантажопідйомність до 150 кг, швидкість до 8 км/г, дальність управління до 1100 м.	Перевезення вантажу, дистанційне управління в бойових умовах.	Кінець 2023
Лють	DONS	Озброєння ПКТ 7,62 мм, автономна робота до 72 годин, вага 330 кг, броня 4-го класу.	Використання в складі кластера Brave1, підготовка до масового виробництва.	Планується
Миротворець	КВП "Синергія"	Швидкість до 35 км/г, радіус контролю до 2000 м, озброєння – Амулет від ДККБ "Луч".	Бойова підтримка, можливість плавання, дистанційне управління.	Не вказано
Мисливець	КБ "Роботікс"	Радіус управління 1,5 км, розширюваний до 4000 м, вага 110 кг, озброєння включає НСВТ-12,7 та ПКТ-7,62.	Спостережно-вогневий комплекс, здатний протистояти РЕБ.	Введено в експлуатацію
CAMEL	Roboneers	Вага 500 кг, тягове навантаження 1 тонна, швидкість до	Багатофункціональний робот, може переносити вантаж і	Випробування пройдено

		20 км/г.	виступати як мобільний щит.	
Ласка 2.0	INFOCOM Ltd	Вага 400 кг, запас ходу 100 км, бензиновий двигун, композитна броня 5-го класу.	Розвідка, розмінування, патрулювання, доправлення боєприпасів, евакуація поранених.	Введено в експлуатацію
Кентавр	A. Drones	Вантажопідйомність 300 кг, швидкість 10 км/г, плаваючий, дистанція до 35 км на одному заряді.	Багатоцільовий, може виконувати ролі від вантажного мула до мобільної вогневої точки.	Введено в експлуатацію

Масштабовано оглядаючи перспективи використання стрілецьких платформ, відмічено значення формування роботизованих підрозділів, які будуть в автономному режимі виконувати вогневі завдання незважаючи на пору року та погодні умови. Американський вчений Singer P.W. в своїх роботах зазначає, що розвиток робототехнічних технологій дозволить майбутнім силам воювати комплексно і масово, з більшою масою, координацією, інтелектом та швидкістю, ніж сучасні мережеві сили. Автоматизація дозволить підвищити темп військових дій, проти живої сили, яка гарантована відставатиме від реакції машини. Результатом буде зміна парадигми ведення війни, де ключовим фактором на полі бою стає не кількість людей і техніки, а наявність найкращих технологічних комплексних алгоритмів, мереж та технологічних рішень [5].

Бойові угруповання роїв підтримки вогнем будуть нести потужні боєприпаси одноразового використання, які модульно можуть змінюватися для взаємодії з різними цілями (площа, точка, м'які, жорсткі, повітряні та інші). Ці дрони-камікадзе можуть мати здатність самостійно розпізнавати ворожі цілі через класифікацію зображень або потребувати допомоги від людських операторів. Вони, ймовірно, будуть індивідуально дешевшими порівняно з багатьма сучасними збройними системами, включаючи високоточні керовані боєприпаси [4]. Рої підтримки вогнем, ймовірно, спочатку будуть розгорнуті за допомогою традиційної польової артилерії та повітряних засобів, але в майбутньому напіваавтономні системи, спеціально розроблені для цієї мети, можуть взяти на себе цю місію [9].

Розглядаючи майбутнє використання сучасних стрілецьких платформ, варто зазначити, що перспективи їх масового використання є вкрай ускладненими. Головною перешкодою є швидкість впровадження нових технологій у армію і її фінансування [4]. Слід відмітити, що органи управління армій світу часто виявляються не рішучими щодо впровадженні нових технологій та не стандартних рішень, а фінансування армії відбувається відповідно до розроблених річних бюджетів (планів), що суттєво знижує інтенсивність інноваційного впровадження.

Ілюстрований розвиток інтелектуальної зброї стоїть і перед політичними викликами. Незважаючи на сьогоденне домінування військових США, інші країни можуть бути краще підготовлені до використання автоматизованих стрілецьких платформ. Відмічено, що до 2018 року державні витрати на військову робототехніку оцінюються в 7,5 мільярда доларів на рік. Водночас світові витрати на комерційну та промислову робототехніку оцінюються більше ніж в 43 мільярди доларів на рік. У результаті багато основних досягнень у галузі робототехніки приходять з комерційного сектора і є широко доступні будь-якій країні, яка готова інвестувати в оборону [5].

Проте у процесі дослідження щодо можливості заміни живої сили роботизованими стрілецькими системами виникає низка дискусій. Більшість дослідників, схилиються до того,

що повною мірою заміна не є можливо. Ідея про заміну солдата на полі бою роботом наразі є хибною і відображає нерозуміння величезних обмежень роботизованих систем у порівнянні із людським інтелектом. Усі ці проекти призначені для допомоги бойовим підрозділам, а не для їх повної заміни [4]. Сучасні інноваційні технології дозволяють суттєво модернізувати автоматизовані стрілецькі платформи, які будуть спроможні виконувати вогневі завдання, як під безпосереднім управлінням оператора, так і в автономному режимі завдяки вбудованим алгоритмам штучного інтелекту. Автономний режим дозволяє платформі самостійно ідентифікувати та атакувати цілі на основі зібраної сенсорної інформації. Стрілецька платформа оснащується приладами нічного бачення, що забезпечує високу ефективність в нічний час та в умовах обмеженої видимості на різних дальностях. Додатково, платформа оснащується датчиками для виявлення металу і руху, що дозволяє їй виявляти потенційні загрози або приховані об'єкти, такі як зброя або боєприпаси. Використання технологій GSM та GPS дозволяє точно локалізувати платформу та цілі, а також забезпечує зв'язок з оператором у реальному часі через мережу Інтернет, що включає передачу відео та аудіо сигналів [6].

З урахуванням вищевикладеного матеріалу можливо зробити короткі висновки, а саме: сучасні стрілецькі платформи мають стандартний набір важливих параметрів, які імплементуються практично кожним розробником таких, як:

- компактність (компактні розміри вкрай важливі під час міських операцій у забудованих районах, де можливість входу в двері будівель без попереднього знесення є корисною. Низький візуальний, радарний і ІЧ-підпис, низький і компактний профіль краще підходять для маскування);

- швидкість та прохідність (дозволяє знаходити оптимальні маршрути для уникнення перешкод. Платформа повинна підтримувати темп разом з стрільцями під час переміщення, проведення розвідки або ведення наступального бою в особливих умовах з урахуванням досвіду сучасних збройних конфліктів (вночі, в населеному пункті, в лісі, в горах);

- енергомісткість (ємність батарей моделей є ключовим елементом, яка повинна забезпечувати бойову роботу 24+ години, на сьогодні є мінімумом для стрілецької платформи);

- живучість (стійкість до загроз від вогнепальної зброї та незначних осколків артилерійських боєприпасів);

- комбінованість (універсальність та простота використання за допомогою не спеціальних гаджетів. Здатність платформи виконувати комплексні бойові завдання (ведення вогневого ураження на різних дистанціях, здійснення мінування, евакуація пораненого, перевезення різноманітних грузів);

- ремонтпридатність (проведення обслуговування та адаптація до конкретного завдання без використання спеціальних інструментів).

Методи класифікації сучасних стрілецьких систем є різними. Ці системи класифікуються за функціями, розмірами, рівнем автоматизації.

На рівні автоматизації виділяють три основні типи систем залежно від ступеня участі людини в їхній експлуатації та функціонування:

- перший тип систем (найпоширеніші) – дистанційно керовані моделі, які повністю контролюються оператором. Такі керовані системи можуть керуватися на різні дальності в залежності від їх тактико-технічних характеристик;

- другий тип систем (автоматизовані) – автоматизоване управління оператора, яке виконує запрограмовані дії без подальшої участі людини після запуску;

- третій тип систем (автономні) – автономні транспортні, які діють без втручань оператора, виконуючи самостійний діапазон функцій, для яких вони були запрограмовані [4].

Також окрему увагу заслуговують медичні платформи, як важливі супутники живої бойової сили. Частина роботизованих стрілецьких комплексів розробляється як "медботи", для допомоги медикам на полі бою. Bloodhound - одна версія PackBot, що зможе самостійно

шукати пораненого солдата. Медботи такі як REV і REX. REV, робот-швидка допомога, перевозить REX, роботизовану ношу, яка швидко виїжджає під тіло людини та загрузає його на платформу. REX має руку з шістьма суглобами, щоб тягнути солдата до безпечної зони, тоді як REV має капсулу життєзабезпечення, яка навіть оснащена плоским телевізором, спрямованим на обличчя пораненого солдата, так що оператори можуть бачити його і спілкуватися з ним, якщо він при тямі [9].

Загальний порівняльний аналіз існуючих стрілецьких платформ широкого аспекту застосування показує, що всі вони є складними технологічними комплексами, які складаються з основних частин, а саме: рухома платформа/агрегат, яка сконструйована на колісній або гусеничній базі; гаджет/пульт дистанційного керування; секційно-модульний агрегат живлення модуля. За функціональними ознаками наявні модульні системи можна умовно розділити на дві основні складові: спеціалізований системний комплекс та базова платформа/модель.

Висновки. Отже, стрімкий прогрес у розробці сучасних стрілецьких платформ значно підвищує їхню функціональність та відповідність вимогам сучасного бойового середовища. Бойові модулі оптимізовані для ефективної роботи в умовах міської забудови та різноманітних кліматичних умов, де важливими є компактність, маневреність та низький візуальний профіль для маскуванню. Інтегровані технології забезпечують високу швидкість руху та прохідність, що критично для оперативного реагування на швидкозмінні тактичні умови. Захист платформи від різних типів загроз, включно з вогнепальною зброєю (різних калібрів), універсальність, модульність та простота в управлінні, здатність до швидкого польового обслуговування без спеціальних інструментів підвищують ефективність їх застосування на полі бою.

Надалі розробки оборонної продукції України таких, як Шабля, Ironclad, Рись, Лють, Миротворець, Мисливець, CAMEL, Ласка 2.0 і Кентавр, наглядно демонструють значний потенціал у вирішенні бойових завдань та задають основні напрямки проектування, застосування подібних платформ. Перспективи масового використання стрілецьких платформ обіцяють значні переваги у зміні тактики ведення бойових дій, де ключовою стає висока технологічність та автоматизація, що відкриває нові горизонти в армійській стратегії та тактиці. Проте на сьогодні ефективність цих систем обмежена через суттєві швидкі зміни на театрі ведення бойових дій, недосконалість та високу вартість проектів. Для підрозділів оборони життєво необхідно враховувати не стандартизовані тактичні прийоми ворога на полі бою, досконало застосовувати новітні технології радіоелектронної боротьби та готувати нові покоління до протидії, нейтралізації та знищення роботизованим системам ворога. Бойове застосування на Сході України різноманітних роботизованих систем, має змішаний характер. Платформи здатні забезпечити вогневу підтримку, виконувати широкі аспекти розвідувальних і інженерних завдань, однак їх ефективність обмежена через низку факторів, а саме: вразливість до засобів РЕБ, складність бойового застосування в урбанізованій місцевості через обмежену маневреність і вразливість до стрілецької зброї піхотинця, необхідність вогневого прикриття.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зінько Р. В., Крайник Л. В., Горбай О. З., Поляков А. П. Роботизовані мобільні платформи для вибухонебезпечних предметів // Науковий журнал «Вісник машинобудування та транспорту». ВНТУ. Вінниця. – 2018 – №1(7). – С 52-62.
2. Alston P. // Lethal Robotic Technologies: The Implications for Human Rights and International Humanitarian Law. Journal of Law, Information and Science, – 2012, №21 (2). P. 35. <https://www5.austlii.edu.au/au/journals/JLILawInfoSci/2012/3.html>
3. Hurst J. // Robotic Swarms in Offensive Maneuver. Joint Force Quarterly – 2017 – №87. P. 105-111. https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-87/jfq-87_105_111_Hurst.pdf?ver=2017-09-28-093018-793

4. J Matejka J. // Robot as a Member of Combat Unit: A Utopia or Reality for Ground Forces? *Advances in Military Technology*. – 2020. – №15(1). P.7-24. [https://doi: 10.3849/aimt.01332](https://doi.org/10.3849/aimt.01332)
5. Singer P.W. // Military Robots and the Laws of War. *The New Atlantis*. – 2009. https://thenewatlantis.com/wp-content/uploads/legacy-pdfs/20090203_TNA23Singer.pdf
6. Wood N. // Autonomous Weapons Systems and Force Short of War. *Journal of Ethics and Emerging Technologies*. – 2022, №32(2). PP. 1-16. <https://doi.org/10.55613/jeet.v32i2.11>
7. Роботизовані платформи для ЗС України: включають в ДОЗ-2021 і готують до параду // Журнал Defence-ua. – 2022. https://defence-ua.com/weapon_and_tech/bezdusha_sila_jak_vojujut_striljajut_jizdjat_nimetski_korejski_kitajski_ta_ukrajinski-2572.html
8. Техніка війни: топ-5 наземних роботизованих колісних систем України // Журнал Армія ФМ. – 2021. <https://www.armyfm.com.ua/tehnika-vijni-top-5-nazemnih-robotizovanih-kolisnih-sistem-ukraini/>
9. Scharre P. // Robotics on the Battlefield Part II The Coming Swarm. CNAS, 2014. PP. 10-35. https://www.files.ethz.ch/isn/184587/CNAS_TheComingSwarm_Scharre.pdf
10. Збруцький О. В., Савенко Ю. М., Мішкін Д. С. Мобільні роботи: можливості, перспективи, проблеми // *Механіка гіроскопічних систем : науково-технічний збірник*. НТУУ КПІ. – 2013. – Вип. №26. – С. 112–120.
11. Інформаційний бюлетень №3 // Досвід застосування підрозділами російської федерації наземних роботизованих систем. – 2024. – С.7-20. https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2024/10/Посібник_наземні_роботи.pdf
12. Telkar A.K., Gadgay B. IoT Based Smart Multi Application Surveillance Robot. 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), Coimbatore, India. – 2020. №2. PP. – 931-935. <https://10.1109/ICIRCA48905.2020.9183289>
13. Сайт "ВІКІПЕДІЯ" // Список бойових наземних платформ України. – 2022. https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_бойових_наземних_платформ_України

REFERENCES:

1. Zinko R. V., Krainyk L. V., Horbai O. Z., Polyakov A. P. Robotic Mobile Platforms for Explosive Objects // *Scientific Journal "Bulletin of Machine Engineering and Transport"*. VNTU. Vinnytsia. – 2018 – 1(7). – PP. – 52-62
2. Alston P. // Lethal Robotic Technologies: The Implications for Human Rights and International Humanitarian Law. *Journal of Law, Information and Science*. – 2012. №21(2). – P.-35. <https://www5.austlii.edu.au/au/journals/JILawInfoSci/2012/3.html>
3. Hurst J. // Robotic Swarms in Offensive Maneuver. *Joint Force Quarterly* – 2017 – 87. PP. – 105-111. https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-87/jfq-87_105111_Hurst.pdf?ver=2017-09-28-093018-793
4. Matejka J. // Robot as a Member of Combat Unit: A Utopia or Reality for Ground Forces? *Advances in Military Technology*. – 2020. – 15(1). PP. – 7-24. [https://doi: 10.3849/aimt.01332](https://doi.org/10.3849/aimt.01332)
5. Singer P.W. // Military Robots and the Laws of War. *The New Atlantis*. – 2009. https://thenewatlantis.com/wp-content/uploads/legacypdfs/20090203_TNA23Singer.pdf
6. Wood N. // Autonomous Weapons Systems and Force Short of War. *Journal of Ethics and Emerging Technologies*. – 2022, 32(2). PP. – 1-16. <https://doi.org/10.55613/jeet.v32i2.11>
7. Robotic Platforms for the Armed Forces of Ukraine: included in the State Defense Order 2021 and prepared for the parade // *Defence-ua Magazine*. – 2022. https://defenceua.com/weapon_and_tech/bezdusha_sila_jak_vojujut_striljajut_jizdjat_nimetski_korejski_kitajski_ta_ukrajinski-2572.html
8. War Technology: Top 5 Ground Robotic Wheeled Systems of Ukraine // *Army FM Magazine*. – 2021. <https://www.armyfm.com.ua/tehnika-vijni-top-5-nazemnih-robotizovanih-kolisnih-sistem-ukraini/>
9. Scharre P. // Robotics on the Battlefield Part II The Coming Swarm. CNAS, 2014. PP. – 10-35. https://www.files.ethz.ch/isn/184587/CNAS_TheComingSwarm_Scharre.pdf
10. Zbrutskyi O. V., Savenko Yu. M., Mishkin D. S. Mobile Robots: Opportunities, Prospects, Problems // *Mechanics of Gyroscopic Systems: Scientific and Technical Collection*. NTUU KPI. – 2013. – Issue 26. – PP. – 112–120.
11. Information Bulletin 3 // Experience of the Russian Federation's Units in the Use of Ground Robotic Systems. – 2024. – PP. 7-20. https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2024/10/Посібник_наземні_роботи.pdf

12. Telkar A.K., Gadgay B. IoT Based Smart Multi Application Surveillance Robot. 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), Coimbatore, India. – 2020. PP. – 931-935. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183289>

13. "WIKIPEDIA" Website // List of Combat Ground Platforms of Ukraine. https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_бойових_наземних_платформ_України

Ph.D. Ohen'ko P.V.

USE OF MODERN SMALL ARMS PLATFORMS BY ASSAULT UNITS

The article is devoted to the study of the peculiarities of the use of modern small arms platforms by assault groups. The article reflects the classification and use of combat ground platforms by assault units during military operations.

The study used such general scientific methods of cognition as analysis, synthesis, systematization and comparison. The results of the study show that progress in the development of modern small arms platforms significantly enhances the combat potential of defense units both in open spaces and in urbanized areas. The weapon platforms are optimized for use in a variety of climatic conditions, where compactness, maneuverability and low visual profile are critical, which contributes to the effective camouflage of the weapon system. The rapid integration of modern technologies ensures high speed and cross-country ability, which are important for rapid response and rapid adaptation to changes in tactical situations.

The high level of protection of the system's hull, including protection against firearms and small artillery ammunition fragments, contributes to the successful execution of military operations without the involvement of shooters on the battlefield. Versatility, ease of operation and the ability to perform quick field maintenance without the use of special tools increase the effectiveness of these platforms in combat conditions. In particular, an analysis of Ukrainian-made models such as ShaBlya, Ironclad, Lynx, Luty, Myrotvorets, Hunter, CAMEL, Laska 2.0, and Centaur demonstrates their significant potential for solving complex tactical problems. Prospects for the massive introduction of combat platforms include a radical increase in the technological level of combat operations, automation of processes and changes in the tactics of warfare. The practical significance of the study lies in the development of recommendations for the introduction of modern small arms platforms in the combat training and equipment of assault units.

Keywords: combat ground platforms, small arms, robotic systems, Russian-Ukrainian war.

ТЕОРІЯ ПЕТРОВА – КІШЯНУСА КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ ГЕОМЕТРІЇ ПЛЯМИ КОНТАКТУ КОЛІСНОГО РУШІЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Характер сучасних технологічних операцій за допомогою транспортних засобів (ТЗ) вимагає високого швидкого переміщення та працездатності. Переміщення ТЗ в сучасних умовах бойової обстановки, здійснюється в складних дорожніх розв'язках місцевості (бездоріжжя, пустельно-піщана, гірська, болотиста місцевість), з мінімальним використанням засобів підвищення прохідності бойових машин. Від ТЗ залежить безпосередньо своєчасне виконання різних бойових завдань на оперативному та стратегічному рівні, зокрема як тягові зусилля на колеса, що в свою чергу вплине на, мобільність, прохідність, швидкість руху машини. Розробка новітніх технологій по збільшенню ефективності прохідності ТЗ є важливим критерієм успішного проведення бойових операцій. Складовими критерію є: поліпшення наявних ходових властивостей автомобілів, що доведе їх технологічну придатність до можливості та рівня мирових стандартів. Перспективою створення українського ТЗ на повнопривідному шасі з удосконаленою ходовою частиною. ТЗ буде призначений для виконання різних специфічних завдань – модернізована ходова система. Такий рушій обладнаний спеціальною біговою доріжкою для переміщення динамічної ваги, який дозволяє зменшити проковзування для стабілізації заданого напрямку руху. При модернізації конструкції динамічні ваги керуються важелем. Така технологія переміщення військового автомобіля (спеціальних броньованих автомобілів) за допомогою навантаження ходової системи дозволяє кочення колеса та його навантаження зробити більш плавним, що зменшує вібрації при переміщенні та більш якісно використовувати тягове зусилля автомобіля. Запропонована математична модель руху ТЗ з ходовою системою навантаженням динамічними вагами.

Ключові слова: технологія, транспортний засіб, ходова система, стабілізація, важіль, динамічні ваги.

Вступ та постановка проблеми. Фахівці вітчизняного та іноземного автомобілебудування спрямовують свої думки на створення зразків рухомих транспортних засобів, в яких безпосередньо здійснюють свій напрям на розвиток конструкцій окремих елементів автомобілів, а саме ходової частини. Велика увага конструктивному удосконаленню ходової частини приділяється створенню колісних рушіїв. Думка провідних фахівців спрямована на експлуатацію військових автомобілів в різних дорожніх умовах, що передбачає спроможність підвищення прохідності таких колісних рушіїв. Для запобігання похибок при створенні таких ходових систем (колісних рушіїв), думка фахівців спрямовувалась на створенні математичної бази, яка б допомагала теоретично описати рух колісного рушія при певних навантаженнях.

За результатами теоретично проведених досліджень автори проаналізували результати та сформулювали напрями удосконалення колісних рушіїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі працездатності колісних рушіїв можуть мати деякі обмеження по профільній прохідності вантажних автомобілів, коли використовується модернізований диск у вигляді пружного диску безпосередньо режимі, який штовхає коли необхідно реалізувати тягове зусилля, яке може бути занадто малим при подоланні перепон.

На рис. 1 представлені пошкодження шини в результаті підвищеного тиску, що викликає надмірну напругу на її боковинах та призводить до розриву шини.



6).

 $\Gamma).$ 

д)

Рисунок 1 – Пошкодження шини в результаті підвищеного рекомендованого тиску, що викликає надмірну напругу на її боковинах, що призводить до розриву шини.

Спосіб переміщення мобільного енергетичного (рис. 2,3) [6 с. 92-98]

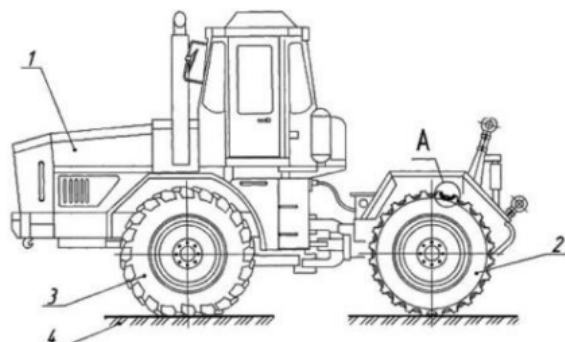


Рисунок 2 - Мобільний засіб виконаний з деформаційним елементом по декларативному патенту «Спосіб переміщення мобільного засобу»: 1 - двигун, 2 - колісний рушій, ведучі колеса, 3 - ведені колеса, 4 - опорна поверхня.

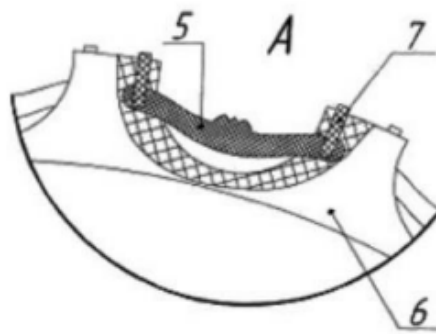


Рисунок 3 – Деформаційний елемент у протекторі:

5 - локальний пружний елемент, 6 - основний протектор, 7 - фіксуючі штифти

Відомий спосіб Петрова-Борисенка підвищення прохідності тягово-транспортної системи (рис. 4) [1, с. 1-3]. Відомий спосіб «Лягушка» переміщення мобільного енергетичного засобу конструкції Л.М. Петрова (Kolpahchyan, 2015, С. 125–136).

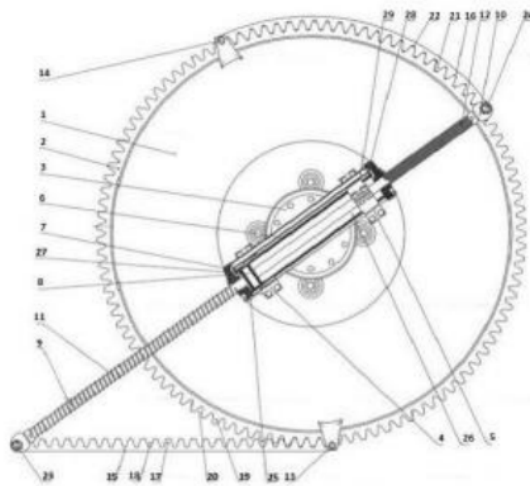


Рисунок 4 – Креслення згідно зі способом Петрова-Борисенка щодо підвищення прохідності тягово-транспортної системи:

1-колісний рушій, 2-зубчастий протектор, 3-ступиця, 4,5-хомути, 6-керуючий циліндр, 7- корпус, 8 - поршень, 9,10 - штоки, 11,12 - пружини, 13,14 - шарніри, 15,16 - зубчасті протектори, 17,19,20 - зубці, 18,20,22 - впадини, 23,24-шарніри, 25,26-порожнини циліндра, 27,28-отвори, 29-дріт.

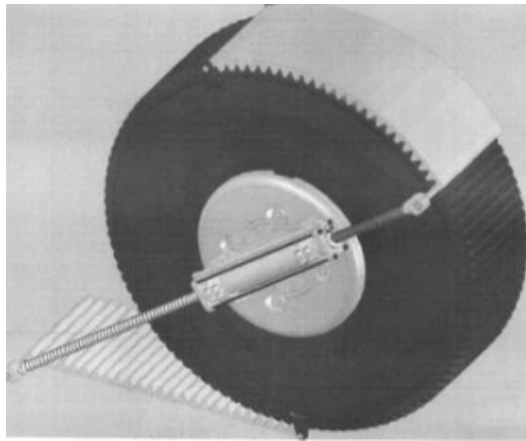


Рисунок 5 – Загальний вигляд колісного рушія по декларативному патенту «Спосіб Петрова-Борисенка підвищення прохідності тягово-транспортної системи»

На рис.6 представлено загальний вигляд автомобіля з удосконаленими колісними рушіями.

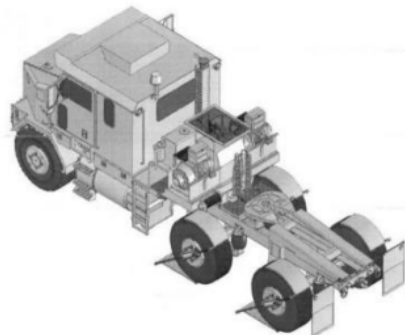


Рисунок 6 – Загальний вигляд автомобіля з удосконаленими колісними рушіями

Як відмічено в роботі [1, с. 1-3] рушій являє собою пристрій для перетворення енергії двигуна в роботу, яка витрачається на подолання опору руху транспортних засобів, треба відмітити, безпосередньо опір руху кочення колісного рушія створює коливальний рух частин стиснутої шини.

У роботі [3] в результаті моделювання отримано параметри руху колеса у вигляді наступних графіків рис.7

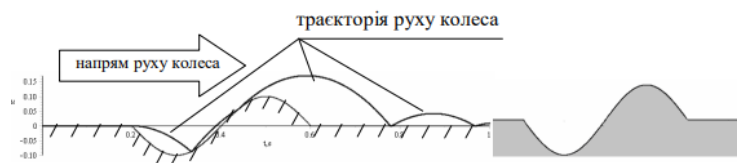


Рисунок 7– Параметри руху колеса

Прослідити коливання шини під навантаженням можливо, якщо перешкода буде більш повільною, або буде менше швидкість автомобіля. Такий приклад наведено на рис.8.

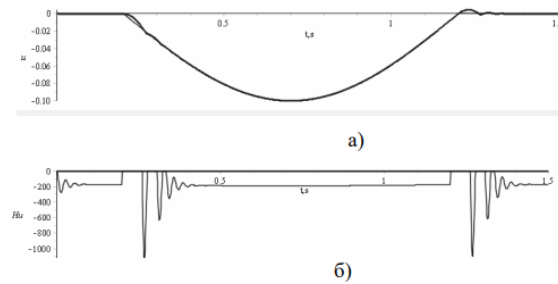


Рисунок 8 – Приклад подолання у вігнутої внутрішньої перешкоди (а) із значенням коливань шини (б).

Дослідниками в галузі автомобільного транспорту [4. с. 1-47] розроблене програмне середовище для моделювання і візуалізації шин, які деформуються під впливом різних факторів. Запропонована методика може стати альтернативою суто теоретичному визначенню реакцій колеса і шини на різноманітні перешкоди в різних умовах руху автомобіля і дії зовнішніх факторів, на (рис. 9).

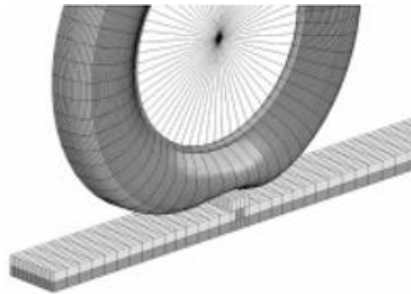


Рисунок 9 – Моделювання деформованого стану шини при перекочування через нерівність: методом скінчених елементів в САЕ

На рис. 10 представлений фізичний зміст опору коченню колеса військового автомобіля.

Під час кочення колеса шина деформується під дією різних сил, що постійно змінюються, викликаючи багаторазові пружні деформації її компонентів. Ці деформації супроводжуються значними втратами енергії, що призводить до значного нагрівання шини та зміни її основних властивостей. Втрати при коченні шини в основному обумовлені втратами на внутрішнє тертя в гумі та корді, величина яких залежить від властивостей і деформації цих матеріалів. З метою мінімізації вищезазначених втрат пропонується наступна класифікація механізмів втрат в пневматичних шинах.

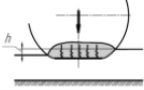
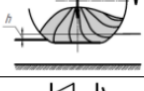
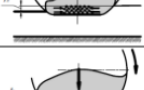
ч/ч	Тип втрат	Схема типу втрат	Головні чинники, які викликають гістерезисні втрати
1	Втрати на радіальну деформацію шини		Нормальне навантаження
2	Втрати на кутову деформацію шини		Крутий момент; гальмівний момент; нормальне навантаження.
3	Втрати на деформацію у боковому напрямку		Бокова сила; нормальне навантаження.
4	Втрати в шині під час деформування в тангенціальному напрямку		Крутий момент; нормальне навантаження.
5	Втрати на зменшення тиску повітря в шині		Крутий момент; нормальне навантаження.
6	Втрати на зношення шини (відривання частинок шини від основи протектора)		Крутий момент; нормальне навантаження.

Рисунок 10 – Класифікація втрат в пневматичних шинах.

Мета: вдосконалення теорії реалізації дотичної сили тяги в плямі контакту колісних рушіїв військових автомобілів з опорною поверхнею шляхом використання коливальної енергії стиснутої та розтягнутої частини шини.

Постановка завдання: отримати формули для підрахунку вихідних параметрів при використанні коливальної енергії в розрахунках.

Виклад основного матеріалу дослідження. Рух автомобільного колісного рушія супроводжується розсіюванням енергії. Якщо колісному рушію постійно не надавати додаткової енергії, то він (колісний рушій) припинить своє кочення, що пояснюється дією сил опору середовища, внутрішнього тертя та інших сил непружного опору. При подоланні колісним рушієм сил непружного опору витрачається робота систем підведення до нього енергії. При цьому можуть зменшуватися передбачувані на такий режим запасу енергії. Можуть з'явитися підвищені значення споживання підведеної енергії.

Припустимо що колісний рушій рухається по нерівній дорозі.

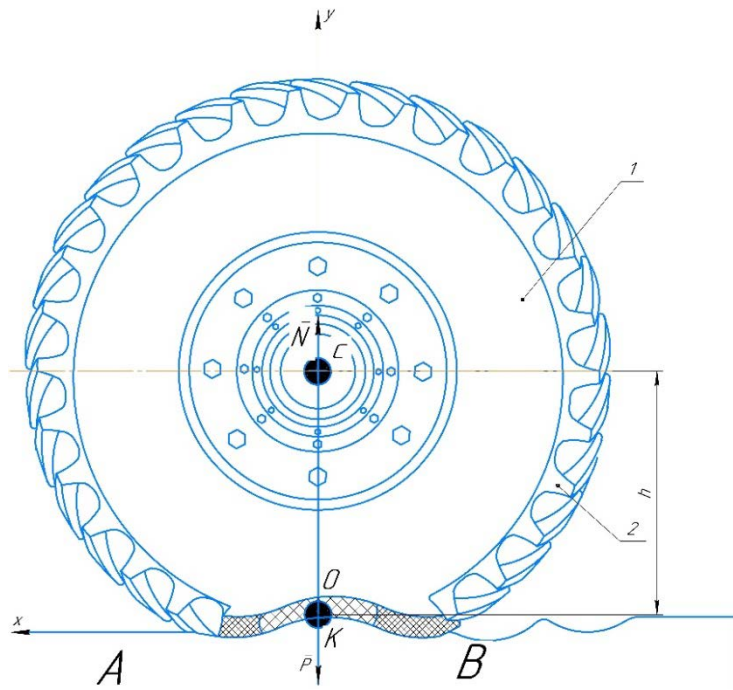


Рисунок 11 – Модель колісного рушія в спокої.

Враховуючи вищенаведені способи переміщення мобільних транспортних засобів і незважаючи на природу непружного опору запропонуємо спрощену схему математичного опису процесу на (рис.11).

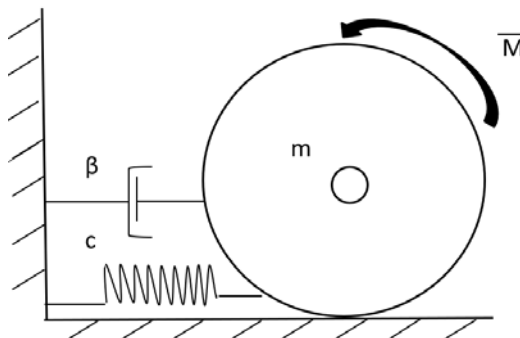


Рисунок 12 – Спрощена модель непружного опору коченню колісного рушія

Для спрощеного уявлення сил опору непружного стану використаємо поняття в'язкого тертя:

$$R = \beta \cdot \dot{\chi} \quad (1)$$

де $\dot{\chi}$ - швидкість взаємодії колісного рушія з опорною поверхнею;

$$\beta = \left[\frac{H \cdot c}{M} \right] \text{ коефіцієнт тертя}$$

Математична модель силової схеми руху колісного рушія під дією непружного опору, складемо силову схему на (рис.12) руху колісного рушія на якій вербальні сили. Для спрощення розрахунків, не використовуємо.

Складемо силову схему на (рис.12) руху колісного рушія, на якій вербальні сили, для спрощення розрахунків, не використовуємо.

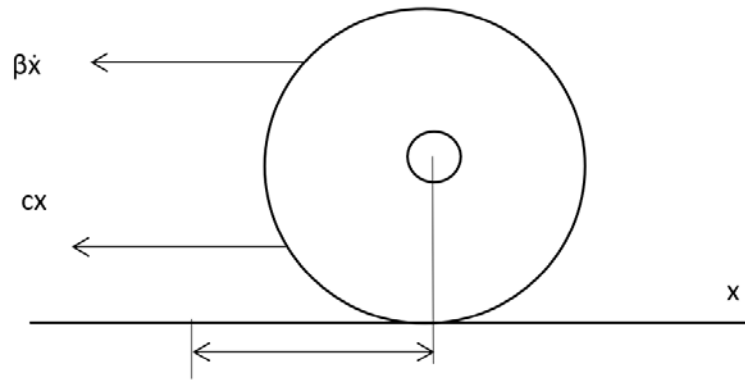


Рисунок 13 – Силова схема руху колісного рушія: с- жорсткість

Диференціальне рівняння руху колісного рушія набуває математичного вигляду:

$$mk = -\ddot{\beta}\chi - c\chi$$

Розділимо на дві частки останнього рівняння на m:

$$\ddot{\chi} + 2h\dot{\chi} + \rho^2\chi = 0, \text{ де} \quad (2)$$

$$2h = \frac{\beta}{m}; \rho^2 = \frac{c}{m}$$

Отримаємо лінійне однорідне диференціальне рівняння 2 -го порядку зі сталими коефіцієнтами.

Для рівняння (2) початкові умови:

$$\chi \text{ при } t=0=x_0; \dot{\chi} \text{ при } t=0=\dot{x}_0 = 0$$

$$\chi(0) = x_0; \dot{\chi}(0) = 0$$

Аналіз математичної моделі.

Загальний розв'язок рівняння (2) проведемо за допомогою характеристики цього рівняння:

$$k_2 + 2hk + \rho^2 = 0 \quad (3)$$

Корені рівняння (3) має розв'язок

$$k_{1,2} = \frac{-2h \pm \sqrt{4h^2 - 4\rho^2}}{2} = -h \pm \sqrt{h^2 - \rho^2}$$

Будуть залежати від значення параметра h (величини візкового тертя) у відповідності з теорією диференціальних рівнянь можна розглянути випадки:

$$h \leq \rho \text{ (невеликий опір), якщо } \rho > h, \text{ то } h^2 - \rho^2 < 0$$

Отже, корені характеристичного рівняння (3) комплексні

$$k_{1,2} = -h \pm i\sqrt{\rho^2 - h^2}$$

Тоді, загальний розв'язок лінійного однорідного диференційного рівняння (2) має вигляд:

$$\chi(t) = e^{-ht} \left[C_1 \cos(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) + C_2 \sin(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) \right] \quad (4)$$

З загального розв'язку (4) знайдемо частинний розв'язок, тобто значення сталих C_1 та C_2 за допомогою початкових умов (2)

Підставимо до (4) першу початкову умову:

$$\chi_0 = e^0 [C_1 \cos 0 + C_2 \sin 0] = C_1 = x_0$$

Отже, $C_1 = \chi_0$

Для того, щоб використати другу початкову умову, необхідно знайти похідну від (4):

$$\dot{\chi}(t) = -he^{-ht} \left[C_1 \cos(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) + C_2 \sin(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) \right] +$$

$$+ e^{-ht} \left[-C_1 \sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot \sin(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) + C_2 \sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot \cos(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) \right]$$

$$\text{Тоді, } \dot{\chi}(0) = -he^0 [\chi_0 \cos 0 + C_2 \sin 0] + e^0 [-\chi_0 \sqrt{\rho^2 - h^2} \sin 0 + C_2 \sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot \cos 0] =$$

$$= -h\chi_0 + C_2 \sqrt{\rho^2 - h^2} = 0$$

$$\text{Отже, } C_2 = \frac{h\chi_0}{\sqrt{\rho^2 - h^2}}$$

Остаточно, частинний розв'язок лінійного однорідного диференційного рівняння (2) має вигляд:

$$\chi(t) = e^{-ht} \left[\chi_0 \cos(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) + \frac{h\chi_0}{\sqrt{\rho^2 - h^2}} \sin(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) \right] \quad (5)$$

Оскільки $\cos_\alpha = \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$ то функцію (5), яке є розв'язкою (2) можна записати у вигляді:

$$\chi(t) = e^{-ht} \left[\chi_0 \sin\left(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{h\chi_0}{\sqrt{\rho^2 - h^2}} \sin(\sqrt{\rho^2 - h^2} \cdot t) \right] \quad (6)$$

Сумою двох синусоїд з однаковою частотою ω є також синусоїда тієї ж частини, яка визначається за формулою:

$$A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \sin(\omega t + \varphi_2) = A \sin(\omega t + \varphi), \text{ де}$$

$$\text{де } A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$\varphi = \arctg \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

У нашому випадку, для функції (6)

$$A_1 = \chi_0; A_2 = \frac{h\chi_0}{\sqrt{\rho^2 - h^2}}; \varphi_1 = -\frac{\pi}{2}; \varphi_2 = 0$$

$$\text{Тоді, } A = \sqrt{\chi_0^2 + \frac{h^2 \chi_0^2}{\rho^2 - h^2}} \quad \varphi = \arctg \frac{\chi_0}{\frac{h\chi_0}{\sqrt{\rho^2 - h^2}}} = \arctg \frac{\sqrt{\rho^2 - h^2}}{h}$$

Остаточно, функція (6) приймає вигляд:

$$\chi(t) = A \cdot e^{-ht} \cdot \sin(\omega t + \varphi), \text{ де}$$

$$A = \sqrt{\chi_0^2 + \frac{h^2 \chi_0^2}{\rho^2 - h^2}}; \varphi = \arctg \frac{\sqrt{\rho^2 - h^2}}{h}; \omega = \sqrt{\rho^2 - h^2}$$

У спрощеному варіанті, коли сприймаємо, що рух та коливання плями контакту здійснюється по гармонічному закону в двох площинах опорної поверхні, загальний рух

деформованої плями контакту буде здійснюватися (в спрощеному варіанті) рівнянням:

$$y = \frac{A_2}{A_1} * X,$$

де y - коливання плями контакту у вертикальній площині;

x - коливання плями контакту у горизонтальній площині;

A_1 - коливання плями контакту у горизонтальній площині;

A_2 - коливання плями контакту у вертикальній площині.

Висновки. В результаті проведених теоретичних досліджень складено математичну модель руху МЕЗ з колісним рушієм навантаженим динамічними вагами, також теоретично встановлено, що коливання плями контакту може відбуватися у двох напрямках та сумарні коливання будуть здійснюватися по прямій лінії, тангенс кута нахилу якої буде визначатися відношенням амплітуд A_1 та A_2 .

ЛІТЕРАТУРА:

1. Спосіб удосконалення обертального руху колісного приводу автомобіля Л.М. Петрова: пат. 42929, Україна. заявл. u200902119 опубл. 27.07.2009, бюл. № 14, С. 3
2. Д.О Дмитрієв, О.А. Войтович, С.А. Русанов, С.О. Чурсов Стендові методи випробування шин автотранспорту, Вісник ХНТУ № 2(69) Херсон, 2019. С. 47
3. Белятинський А. О. Дослідження факторів, що впливають на площу контакту шини з поверхнею проїзної частини / Белятинський А. О., Краюшкіна К. В., Скрипченко О. В. // Молодь: наука та інновації : зб. пр. II-ї всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих учених, м. Дніпропетровськ : НГУ, 2014. – Т. 4. – С. 2-3
4. Мандрик Є. В.; Гриб К. В. Шляхи вдосконалення експлуатаційних і конструктивних параметрів автомобільних шин. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Сер.: Військові та технічні науки, 2013, 2: С. 317-325.
5. Collins, R. L. "Frequency response of tires using the point contact theory." Journal of Aircraft 9.6 (1972): pp. 427-432.
6. Hall, W., Mottram, J. T., Dennehy, D. J., & Jones, R. P. Characterisation of the contact patch behaviour of an automobile tyre by physical testing. International journal of vehicle design, (2003). 31(3), pp. 354-376.

REFERENCES:

1. Method of improving the rotational motion of the wheel drive of a car by L.M. Petrov (2009), pat. 42929, Ukraine. declared. u200902119, Bulletin. No. 14, 3 p.
2. Dmitriev D.O., O.A. Voytovych, S.A. Rusanov, S.O. (2019), Chursov Bench testing methods for vehicle tires, Bulletin of KhNTU No. 2(69). p. 47.
3. Byeliatynskiy A. O. Research of factors influencing the contact area of the tire with the road surface / Byeliatynskiy A. O., Krayushkina K. V., Skrypchenko O. V. (2014), Youth: science and innovations: collection of proceedings of the II All-Ukrainian scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists, T. 4. – pp. 2-3.
4. Mandryk, E. V.; Hryb, K. V. (2013), Ways of improving the operational and structural parameters of automobile tires. Collection of scientific papers of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine. Ser.: Military and Technical Sciences, 2: pp. 317-325.
5. Collins, R. L. (1972), "Frequency response of tires using the point contact theory." Journal of Aircraft 9.6 pp. 427-432.
6. Hall, W., Mottram, J. T., Dennehy, D. J., & Jones, R. P. (2003), Characterisation of the contact patch behaviour of an automobile tyre by physical testing. International journal of vehicle design., 31(3) pp. 354-376.

**PETROV-KISHIANUS THEORY OF OSCILLATORY MOTION GEOMETRY CONTACT
PATCHES OF THE WHEEL DRIVE OF A TRUCK**

The nature of modern technological operations with the help of vehicles (TK) requires high fast movement and operability. The movement of vehicles at the present stage, as a rule, is carried out in difficult road conditions (off-road, desert-sandy, mountainous terrain), with minimal use of means to increase the cross-country ability of the vehicle. The timely completion of tasks at the operational and strategic levels, in particular both the traction load and the traction support systems, mobility, cross-country ability, and speed of movement, depends directly on the vehicle. Based on this, the latest technologies for increasing the efficiency of vehicle cross-country ability are the key to successful combat operations. The main directions for the implementation of this goal are: modernization of the existing chassis of military equipment using the latest technologies, which will bring their technological suitability to the possibility and level of world standards. The creation of a Ukrainian vehicle can be placed on an all-wheel drive chassis, which is built according to special technological and technical requirements for the structural improvement of the chassis. The vehicle will be designed for installation and connection of special equipment - a wheeled propulsion system with deep modernization. Such a propulsion system is equipped with a special treadmill for moving dynamic weight, which allows you to reduce slippage and stabilize the specified direction of movement. In such a deep modernization of the design, a lever is attached to control spring-loaded dynamic scales. This technology of moving a military vehicle (special armored vehicles) with the help of a wheel drive load allows you to make the rolling of the wheel and its load smoother, which reduces noise when moving and uses the technological traction load more efficiently. A mathematical model of the movement of a vehicle with a wheel propulsion loaded with dynamic weights has been compiled.

Keywords: technology, vehicle, wheel, stabilization, lever.

ON THE CAPABILITIES OF MODERN NEURAL NETWORKS AS A MEANS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

This article provides a comprehensive analysis of the potential and limitations of artificial intelligence (AI), with a particular focus on its capacity to generate novel scientific and technical solutions.

The central thesis of the article rests on the analysis of AI systems as approximators – mathematical constructs that map sets of input variables to corresponding outputs based on training data. Artificial neural networks (ANNs), in particular, are identified as the most prominent and flexible form of such approximators. Through a detailed mathematical framework, the study illustrates how these systems are trained on structured datasets to form a functional mapping $y=F(x)$, and how their predictive capabilities are divided into two categories: interpolation and extrapolation.

A core example used throughout the work involves training a neural network on a simple quadratic dataset and analyzing its ability to generalize (interpolate) within the known data range, versus its tendency to fail when extrapolating beyond this domain.

The discussion then transitions to modern AI applications, particularly transformer-based large language models (LLMs) like ChatGPT, which, although structurally more complex, remain conceptually similar to traditional feedforward neural networks. These models can interpolate within an extensive informational domain with impressive fluency and creativity, generating coherent outputs by recombining previously seen elements. An illustrative case compares this process to generating a fictional story from known character archetypes and narrative structures, potentially yielding combinations that are original but still rooted within known patterns.

This principle is further extended to scientific and engineering applications, where AI may recombine known physical, chemical, or mechanical principles to suggest viable new inventions. For example, by combining known types of forces, fuels, and energy conversion methods, a neural network could propose novel engine designs – some of which may be genuinely innovative. These processes mirror traditional methodologies in morphological analysis and TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving), but are significantly enhanced by the processing speed and scale of modern AI.

However, the article also emphasizes the inherent limitations of current AI systems. While they are highly effective within the bounds of interpolation, their capacity to generate valuable outputs in extrapolative scenarios – those requiring a leap beyond known data – is fundamentally flawed. This limitation is not only theoretical but practically observable in the phenomenon of hallucination in large language models.

In conclusion, the article argues that interpolation-based innovation – producing new but logically grounded combinations of existing knowledge – is well within the reach of today's AI systems and may yield real scientific or technical breakthroughs when human researchers have not yet explored such possibilities. However, true extrapolation, or the generation of fundamentally new theories and concepts beyond the known knowledge domain, remains largely inaccessible to neural-network-based architectures. To achieve this, future AI systems must adopt hybrid approaches, combining neural models with deterministic logic, heuristic reasoning, or other cognitive frameworks capable of venturing beyond learned experience. These hybrid architectures hold the potential to not only mimic but meaningfully extend the boundaries of human creativity and scientific discovery.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, interpolation, extrapolation, approximators, engineering problems, scientific problems.

Introduction and problem statement

Over the past several centuries, human society has experienced a continuously increasing

pressure from emerging technologies and scientific discoveries. The rate at which these developments occur can, without exaggeration, be described as rapid and, in all likelihood, exponential, although, when viewed across short time intervals, it may appear linear. For instance, according to data [1], the global number of scientific publications grew from 4.18 million per year in 2018 to 5.14 million per year by 2022, representing a 22.8% increase in just five years.

It is evident that a significant proportion of scientific advancements remain highly specialized, aimed at resolving narrowly defined scientific problems or their subcomponents. In contrast, truly groundbreaking and large-scale innovations are encountered far less frequently. Technologies capable of exerting a transformative influence on human society at a planetary scale over intermediate time spans – on the order of decades – are often referred to as disruptive technologies. Although the term implies a literal "breaking apart" of existing paradigms, as is reflected in the English expression itself, the concept lacks a universally accepted scientific definition, particularly in the context of recently established and evolving disciplines.

In many cases, the term is employed by marketers to promote new products by framing the innovations involved as disruptive, regardless of their actual transformative capacity. However, genuine disruptive technologies have the potential to fundamentally alter entire sectors and reshape the very fabric of human life and social organization. A prominent example from recent history is the invention of smartphones, which revolutionized how people interact with the internet and have now become an integral and stable component of everyday life.

At present, artificial intelligence (hereafter referred to as AI) is widely regarded as a transformative technology with the capacity to reshape the world as we know it. Although AI entered the public domain only in recent years, the conceptual foundation of this technology predates its popularization by several decades [3]. Excluding references in ancient folklore and mythologies, some of the earliest mentions of artificial intelligence in science fiction literature date back to the first quarter of the 20th century. Notably, the term "robot" was introduced in 1920 to describe artificially created workers. Of course, mathematically grounded ideas concerning how decision-making systems in such artificial entities could be structured emerged somewhat later, most notably in the works of Frank Rosenblatt (1958) and Warren McCulloch (1943) [4].

The recent advancements in the field of artificial intelligence have been nothing short of remarkable, capturing the attention and admiration of scientists across disciplines. However, what proves to be an even more compelling subject of inquiry is the question of where the boundaries of this technology truly lie, and whether it holds the potential to give rise to artificial general intelligence – an entity capable of replacing human beings across all domains of activity, including those traditionally considered the exclusive province of human intellect, such as scientific research and discovery.

Analysis of publications

Before proceeding to an in-depth examination of the various aspects related to artificial intelligence, it is essential to first establish a clear and precise definition of this concept. According to an authoritative source [5], artificial intelligence may be defined as the capability of a digital computer or a computer-controlled robot to perform tasks that are typically associated with intelligent beings. Unfortunately, this definition inevitably leads to the cross-cutting philosophical and scientific issue of determining what qualifies as an "intelligent being". In order to eliminate ambiguity, this study will proceed on the basis that only a human can be considered an intelligent being in this context. Despite remarkable advancements in the field of biology, humanity has not yet developed an effective means of communication with any of the non-human species that share our planet. As a result, it remains exceedingly difficult to assess the intellectual capacities of even the most cognitively advanced animals – such as dolphins, elephants, and great apes – with a satisfactory degree of objectivity [6].

Furthermore, the reference in the aforementioned definition to a "computer" – which is generally perceived as a physical, hardware-based device – or even more so to a "robot," is somewhat imprecise. Both of these entities function solely through the operation of specific

software. Software, in turn, can be deployed on devices that may not traditionally be classified as computers. For example, consumer appliances such as washing machines are now frequently marketed as being equipped with “artificial intelligence,” despite their limited computational capabilities. Therefore, to ensure definitional completeness and precision, it is more appropriate to center the concept of artificial intelligence around the capabilities of software systems themselves.

In this context, the present work will adhere to the following definition: artificial intelligence is the capacity of software to perform tasks that are typically associated with human cognitive activity. Based on this definition, it is possible to identify the principal categories of such tasks, which include [7]:

- the effective management of and interaction with objects in the external environment;
- the classification of various entities or phenomena;
- the development of efficient strategies for active decision-making based on the analysis of a complex set of input data describing a problematic situation;
- learning, understood as the capacity to improve internal operational algorithms;
- the use of diverse forms of language, particularly natural (human) languages;
- the awareness of a given situation, which may be interpreted as the generation and prioritization of a range of conclusions derived from the description of that situation.

Another important domain of activity that can be considered in the context of artificial intelligence is the generation of new information [8]. This process can be broadly divided into two fundamental categories: scientific activity, which involves the development of novel methods, theories, conceptual frameworks, and approaches; and engineering activity, which consists in the application of established methodologies to new input data in order to construct yet another instance of a typical or standardized solution.

Main part

Virtually all of the actions mentioned above – that is, all functions of artificial intelligence that are subject to formalization or symbolic representation – can be addressed through the application of a mathematical apparatus that may be broadly referred to as approximators [9]. In terms of their internal structure, approximators can be extraordinarily diverse and flexible. Anticipating subsequent discussion, it is worth noting that artificial neural networks, which have gained significant popularity in recent years, represent one of the most comprehensive and illustrative examples of what an approximator embodies in its fullest sense.

For the purposes of this study, the term approximator will be used to denote any mathematical apparatus or method that enables the reproduction of a functional dependency with a given level of precision.

$$\mathbf{y} = F(\mathbf{x}), \quad (1)$$

where $\mathbf{x}$ is a vector (ordered set) of input values (arguments), $\mathbf{y}$ is a vector of output values corresponding to the input vector. The approximator is constructed based on a set of pairs $\mathbf{x}_i \rightarrow \mathbf{y}_i$, which are specific real-world examples of the correspondence of a certain input information $\mathbf{x}_i$ (characterizing the conditions in which the process under consideration occurs) to the results $\mathbf{y}_i$ of this process (which are of interest to the researcher). Such a set of pairs is called a data set, which we will denote here by $\mathbf{D}$, and it is used only when setting up the AI system, which is called training. A data set can be considered as the union of two sets - the set of all descriptions of the input information $\{\mathbf{x}_i | i = 1.. N\}$ and all results $\{\mathbf{y}_i | i = 1.. N\}$:

$$\mathbf{D} = \{\{\mathbf{x}_i\}, \{\mathbf{y}_i\} | i = 1.. N\}. \quad (2)$$

It should be noted that in the general case, $\mathbf{x}_i$ (as well as $\mathbf{y}_i$) is a vector, i.e. it includes not one, but several (or even very many - there are no fundamental restrictions) quantities. Moreover, if in (1) both vectors are one-dimensional, i.e. we have the (simplest) scalar function of one argument, then no specialist will call such a function the basis for artificial intelligence. Thus, certain restrictions are indirectly imposed on the simplicity of function (1): very simple functions will not be considered an implementation of AI. Indeed, usually in applied problems of artificial intelligence, the input vectors $\mathbf{x}_i$ have dimensions of the order of tens, hundreds, and even much

more (which, of course, depends on the applied problem being solved). At the same time, the output vectors y_i , which are to be generated by the approximator based on the corresponding vectors x_i , often have a rather small dimension (but can also be sufficiently powerful vectors). It is not uncommon for the output value to be a simple numeric value (i.e., a vector is converted to a scalar), or to contain two or three output values that are calculated by the approximator. In modern large language models, the dimension of the output vector can be in the thousands.

The establishment of the mentioned functional dependence F (if it has occurred, then the system is called trained) enables the artificial intelligence system, in the process of its further targeted use, to respond appropriately to such a set of input information x' , which was not in the data set:

$$x' \notin \{x_i \mid i = 1..N\} \quad (3)$$

The proper response of an AI system means that it generates, based on x' , such a value of the output vector y' , which is close (with a given accuracy) to the real reaction of an object of the surrounding world to input parameters equal to x' . This becomes possible if the approximator has learned to imitate the behavior of a real object well, namely, to implement the connection between the input and output values.

In the above formulation, training an AI system is called supervised training [10] (the "teacher" is understood as the set of reactions of the object $\{y_i\}$), and unsupervised training [11] (when $D = \{x_i \mid i = 1..N\}$) corresponds to a relatively smaller number of applied problems (in particular, such as clustering, dimensionality reduction, anomaly detection) and will not be considered here.

Thus, there exists a considerable number of methods aimed at approximating the behavior of functions that correspond to the behavior of real-world objects – assuming, of course, that such deterministic and unambiguous functional dependencies exist at all. Among the wide array of available techniques, the most widely adopted today is the use of artificial neural networks. From a biological perspective, neural networks emulate the operational principles of the nervous systems of higher organisms [12]. From a mathematical standpoint, they rely on multiple convolutions – that is, scalar products between vectors of input values and corresponding weight vectors – followed by the application of a certain nonlinear function to the resulting weighted sum.

It is therefore appropriate to pose the question: to what extent can such a system replicate – or perhaps even replace – the cognitive processes of the human mind, given that from a physical standpoint it seeks to simulate those processes entirely? This question leads to profound philosophical, social, and biological considerations. If there exist physical fields or principles in nature, as yet unknown to modern science, that play a supplementary role in enabling the human brain to function, then it would be impossible to fully replicate human thought within the current framework of artificial neural networks – since these unknown influences would be inherently absent from such systems. Conversely, if human cognition is governed exclusively by electrochemical interactions, as currently understood, then artificial neural networks may constitute a sufficiently robust foundation for modeling – and potentially even surpassing – the functional capabilities of the human brain.

At present, it can already be asserted that existing AI tools are capable of effectively managing a wide range of routine, repetitive tasks – tasks that are performed daily by millions, if not billions, of working individuals across the globe. The real challenge, however, arises when the goal shifts from executing standard tasks to generating genuinely new ideas or solutions. More precisely, while a neural network can, in principle, generate vast amounts of data that have never previously appeared within a particular domain, the actual value of this information is often extremely limited. It is quite likely that such "new" data will include no insights or results of genuine practical significance.

This assertion can be illustrated through the example of a simple functional dependency of the form (1), involving a single input and a single output variable. For simplicity, let us consider a dataset consisting of the following input-output pairs, which clearly define an ordinary quadratic

relationship:

$$\{1, 1\}, \{2, 4\}, \{3, 9\}, \{4, 16\}, \{6, 36\}, \{7, 49\}, \{8, 64\}, \{9, 81\}$$

(4)

If a neural network is properly trained on this dataset – a task complicated by the risk of overfitting, where the network's outputs between the given data points may fluctuate significantly and exhibit numerous outliers – then it should operate at optimal efficiency. Overfitting remains one of the most critical challenges for modern neural networks, as it undermines their ability to generalize beyond the training data. Provided that the network is successfully trained and avoids such pitfalls, two primary scenarios for its further application become possible:

a) Approximation at points located within the interval defined by the extreme values $x_{\min} = 1$ and $x_{\max} = 9$ – in other words, interpolation. It is important to emphasize that in this case, the neural network operates within the bounds of an information domain that has already been explored and is at least partially understood by researchers. Even though not all values are explicitly known – for example, the pair $x = 5, y = 25$ is absent from the dataset – the input still lies within the studied range, and the network's ability to infer a plausible outcome reflects its capacity to generalize within a familiar informational space.

b) Approximation outside the boundaries of $x_{\min}$ and $x_{\max}$, such as for $x = 10, x = 1000$ or $x = -1$, pertains to the extrapolation of function (1). In this scenario, the neural network is required to make predictions about inputs for which no prior information is available in the training dataset – an inherently more uncertain and complex task.

It is highly probable that, in the case of interpolation, a well-trained neural network will yield sufficiently accurate results. For instance, if researchers input the value $x = 5$, the network will likely return an output close to $y = 25$, which aligns with the actual behavior of the physical system from which dataset (4) was derived – even though the system was never explicitly tested at that point and the specific pair $\{5, 25\}$ was unknown to researchers.

At the same time, it is relatively evident that the neural network's ability to extrapolate its approximated function (1) beyond the trained range is significantly limited. This shortcoming is not specific to neural networks but arises from the fundamental nature of extrapolation in the context of real-world processes (as opposed to idealized models such as the elementary dependency $y = x^2$). The core of the problem lies in the fact that real systems may behave unpredictably or undergo qualitative transformations once they move beyond the bounds of the explored informational domain – in this case, the interval $x \in [1; 9]$. Consequently, the system's behavior in uncharted territories may differ drastically from what has been observed within the studied range. While the neural network may, by chance, produce an output during extrapolation that approximates the actual result of the physical system, the likelihood of such coincidence is extremely low. Indeed, the probability of generating a meaningful result is nearly the same as the probability of generating any arbitrary output value.

Fig. 1 illustrates the extrapolation of the function $y = x^2$ by a neural network with the following architecture:

- an input layer containing a single neuron;
- a first hidden layer with 10 neurons;
- a second hidden layer, also with 10 neurons;
- and an output layer with one neuron.

The dataset used for training corresponds to the set (4), and the network was trained over 1000 epochs. The figure presents the behavior of the approximated function outside the known input domain. Various activation functions were applied in the hidden layers, including ReLU, sigmoid, tanh, and softplus. The results clearly demonstrate that, even in the case of a fully deterministic relationship such as $y = x^2$, the neural network approximates the function accurately only within the interval covered by the training data. Extrapolation beyond this interval proves to be highly ineffective, regardless of the type of activation function employed.

It is evident that the presented example is elementary in nature, whereas modern neural networks

are orders of magnitude more complex than a simple one-dimensional approximator. Nevertheless, the fundamental operating principles remain largely the same – based on the propagation of input signals through layered structures. In particular, the most widely adopted architecture in contemporary artificial intelligence, especially in large language models that have recently captured the attention of broad user audiences due to their impressive capabilities, is the transformer. This architecture is, in essence, a feedforward neural network.

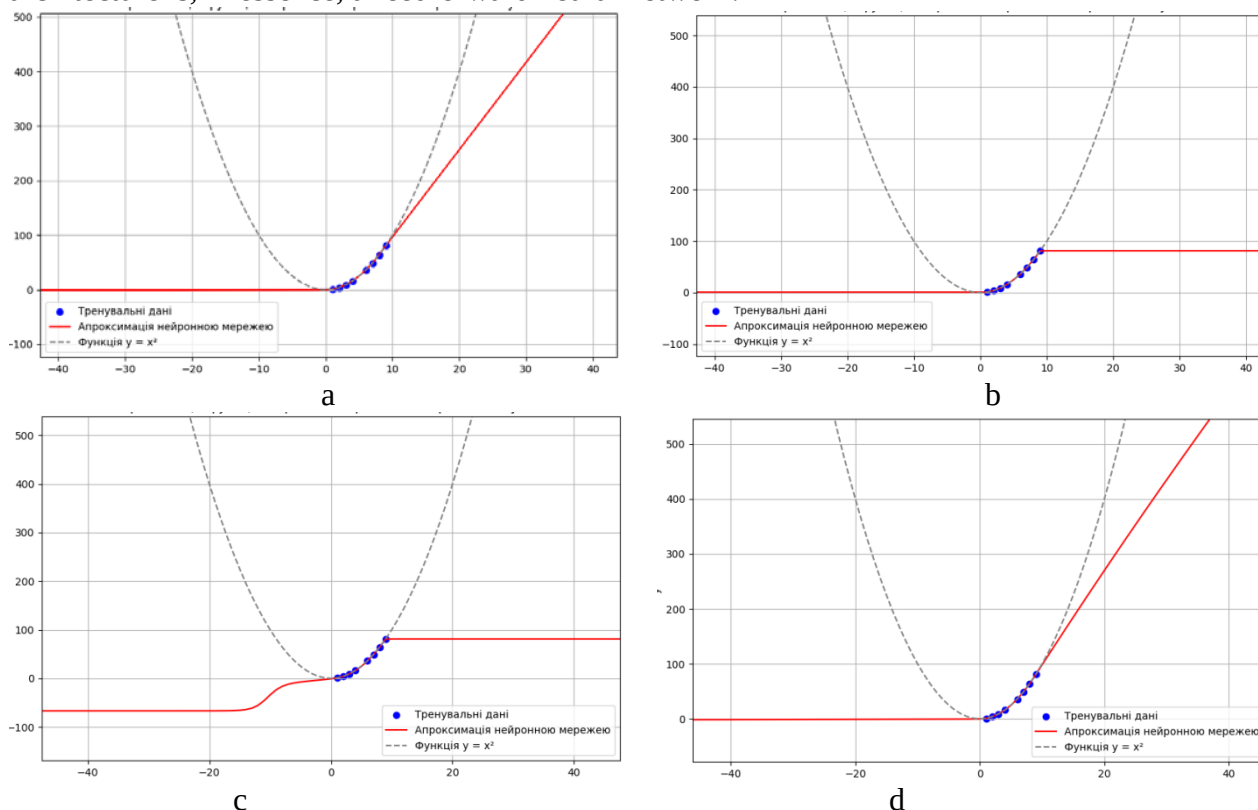


Figure 1- Behavior of the approximating function of a neural network beyond the informational domain represented in the training dataset, for different activation functions: a – ReLU, b – sigmoid, c – tanh, d – softplus

The primary distinction lies in the nature of the input and output data. Instead of a single input variable x , transformers process a vast number of inputs that correspond to a formalized and digitized representation of a user's textual message (prompt). Similarly, the output is not a single numerical value but a large set of values that collectively form a coherent and meaningful segment of text. Thus, the foundational mechanism of systems like ChatGPT, developed by OpenAI, is fundamentally aligned with the previously discussed neural network model.

Of course, developers integrate a considerable number of additional processing procedures into their commercial systems – some of which are implemented via deterministic algorithms, while others rely on heuristic strategies. These enhancements are designed to support the neural network in solving tasks that a pure feedforward neural network (FFNN) would typically struggle with – for instance, performing exact mathematical computations based on known formulas with specific numeric data inputs. Despite these augmentations, the core structure of such AI systems remains a conventional, albeit highly sophisticated, FFNN.

Accordingly, the conclusions drawn earlier regarding the neural network approximating a quadratic dependency may be extended to encompass all modern AI tools. These systems are capable of generating highly effective results, provided those results fall within the scope of the informational field represented in the dataset on which the network was trained. In certain exceptional cases, the output may even constitute a valid scientific discovery – that is, an original idea – especially when, for various reasons, such an idea had not previously been formulated or

applied by researchers.

For instance, while processing the entirety of fictional literature available globally, a neural network may extract the following patterns:

- the variable x_1 , labeled as "main character", may take values such as "writer", "detective", "doctor", or "teacher";
- the variable x_2 , labeled as "secondary character", may take similar values;
- the variable x_3 , labeled as "action performed by the main character toward the secondary character", may include values such as "fell in love with", "killed", "betrayed", or "hated".

Subsequently, when presented with a prompt such as "Tell me an interesting life story", the neural network is capable of generating various combinations of these three variables, thereby constructing a narrative by extending the storyline through the selection of additional, contextually appropriate variables. In most cases, the generated content will resemble the plot structures of existing literary works – essentially reproducing storylines that are already familiar to the public.

However, the truly noteworthy phenomenon is that the system may also generate a fully original and coherent story, such as one in which a detective hated a teacher, with a plausible backstory, logically constructed relationship dynamics, a clear development, and a meaningful conclusion – all assembled by recombining fragments and motifs from previously written texts. Importantly, there may not exist a single known literary work that depicts exactly such a relationship between precisely these two character types. The absence of such a book is not due to its implausibility, but rather because no author has yet thought to describe this specific configuration. Despite being entirely within the bounds of the already known informational domain, the result may be not only original but also engaging and meaningful. In terms of the earlier mathematical analogy, this process is equivalent to interpolating the function $y = x^2$ at the point $x = 5$, a value that was not part of the training dataset.

Transferring this example from the domain of fiction to that of scientific or inventive activity leads to the conclusion that artificial intelligence may also produce novel and effective outputs in such contexts. These results would remain within the bounds of the known informational domain but may not have previously been proposed – perhaps simply because no researcher has yet thought to combine the relevant components in that particular way.

For instance, while analyzing all known engine designs to date, a neural network may extract the following structures:

- the variable x_1 , labeled "type of force causing motion", might include values such as "reactive force", "frictional force", "electrostatic force", "Ampère force", or "inertial force";
- the variable x_2 , labeled "type of fuel", may include values such as "gasoline", "hydrogen", "electrical energy", "solar radiation", "nuclear fuel", or "ambient atoms";
- the variable x_3 , labeled "method of utilizing the fuel", may contain values such as "combustion", "conversion into mechanical energy", "capture from the surrounding environment", "nuclear reaction", or "annihilation".

Faced with a task like "Search for new types of engines", the neural network can generate various combinations of these three variables. Some combinations will correspond to well-known technical solutions, while others may be infeasible or physically implausible. However, as in the literary case, the crucial point is that the system may, in certain instances, produce an entirely original and potentially viable concept – for example, an engine in which reactive force is generated through the capture of solar radiation from the surrounding environment, which is then directed in a specific way using a system of lenses (with the lens configuration being determined by other associated variables).

Moreover, the system may provide a technically adequate explanation of the underlying physical principles, justify the approach through numerical calculations, estimate key technical and economic performance indicators, and identify potential areas of application for the proposed solution. This demonstrates that even within the constraints of known scientific and engineering knowledge, AI systems can function as generators of novelty – yielding ideas that are not only

logically consistent and theoretically grounded but also practically applicable and previously unexplored.

The described scheme of how artificial intelligence may "invent" new solutions can, in general, be interpreted through the lens of the principles underlying the construction of morphological matrices in morphological analysis as well as the theoretical framework of TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). However, it is evident that the exceptionally high speed with which AI systems can manipulate abstract concepts significantly elevates these processes to a new level – one in which the generation of effective new technical solutions or innovative approaches to specific scientific problems may become an extremely valuable capability.

Nevertheless, it must be noted that the generation of genuinely new scientific theories, methods, and technologies – those which require a departure from the existing informational domain – remains beyond the reach of neural-network-based AI. In such cases, the task is no longer merely the interpolation of a function within the known range of its variables but rather the extrapolation beyond the boundaries of all currently available data. The consequences of this process are vividly illustrated in Figure 1, which clearly demonstrates that the results generated by a neural network when fed input data that extend beyond the domain represented in its training dataset are highly unlikely to possess practical applicability. In the vast majority of such cases, the generated outputs will lack real value and will, in essence, represent random fabrications.

This phenomenon can be readily observed in the behavior of contemporary large language models (LLMs), which are typically optimized by their developers to minimize the occurrence of responses such as “I do not know” or “No such information exists.” The rationale behind this optimization is probably commercial – such answers may prompt users to question the utility of the system, particularly if it fails to deliver information in exchange for a paid service. As a result, when presented with a prompt that contains fabricated or non-existent information – i.e., queries that lie entirely outside the informational domain of the model – the system is likely to generate content regardless. It will compose seemingly plausible and detailed responses that, although superficially convincing, are entirely unreliable from the standpoint of scientific inquiry or academic research, particularly in domains involving rare or highly specific questions.

Fig. 2- presents an example of such a case: the user submits a query for which the correct response should be “no such thing exists in the world”. Nevertheless, the system proceeds to generate an answer, supplementing it with elaborate descriptions and technical-sounding details that, while appearing credible at first glance, ultimately fail to meet the standards of scientific validity or usefulness – especially in the context of literature searches related to specialized academic topics.

please describe how can we use mouse moves for electric energy generation in sunny days? Are there some technical methods to do that? Give me the link to corresponding scientific article

The concept of harnessing mechanical energy from mouse movements, particularly during sunny days, involves integrating both piezoelectric and photovoltaic technologies to create a self-sustaining power source for peripheral devices. This dual approach not only capitalizes on the kinetic energy generated through user interactions but also leverages ambient solar energy, thereby enhancing the overall efficiency and autonomy of the device.

Figure 2 Generation of a response by a neural network to a knowingly non-existent query (the network produces a hallucination), ChatGPT-4o model.

Conclusions

Thus, it can be asserted that extrapolation, which serves as the mathematical analogue of processes involved in the creation of new information – a fundamental aspect of scientific activity – cannot be effectively implemented, from a practical standpoint, using current neural network architectures, particularly feedforward neural networks. To achieve such functionality, it is necessary to develop hybrid systems grounded in fundamentally different principles, potentially of a heuristic nature.

At the same time, given the extremely high density and complexity of the modern informational landscape, even interpolation processes – which artificial neural networks are known to perform with a high degree of efficiency – can, in certain cases, yield novel solutions of inventive or scientific significance, especially when such combinations or approaches, for various reasons, have not yet been proposed or explored by researchers.

In contrast, engineering solutions derived from the application of well-established methods to new input data are particularly well-suited to the capabilities of current artificial intelligence systems. This is especially true for systems built on hybrid architectures, in which a neural network forms the core computational engine, while its outputs are refined or supplemented by additional deterministic and heuristic algorithmic modules. These hybrid systems enhance the robustness and practical applicability of AI in real-world tasks, particularly in domains that require reliable technical innovation based on known scientific knowledge.

REFERENCES:

1. Curcic, D., 2023. *Number of academic papers published per year*. WordsRated. [online] 1 June. Available at: <https://wordsrated.com/number-of-academic-papers-published-per-year/> [Accessed 14 Apr. 2025].
2. Telefónica, 2023. *9 technological inventions that have changed the world*. [online] 30 June. Available at: <https://www.telefonica.com/en/communication-room/blog/9-technological-inventions-changed-world/> [Accessed 14 Apr. 2025].
3. Dukes, K., 2023. *The history of neural networks part 2: Rosenblatt's perceptron*. LinkedIn. [online] Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/history-neural-networks-part-2-rosenblatts-perceptron-dr-kais-dukes> [Accessed 14 Apr. 2025].
4. Analytics Vidhya, 2021. *A brief history of neural networks*. Medium. [online] Available at: <https://medium.com/analytics-vidhya/a-brief-history-of-neural-networks-c234639a43f1> [Accessed 14 Apr. 2025].
5. Encyclopædia Britannica, n.d. *Artificial intelligence*. [online] Available at: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> [Accessed 14 Apr. 2025].
6. Reader, S.M., Hager, Y. and Laland, K.N., 2011. The evolution of primate general and cultural intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1567), pp.1017–1027.
7. Abiodun, O.I., Jantan, A., Omolara, A.E., Dada, K.V., Mohamed, N.A. and Arshad, H., 2018. State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey. *Heliyon*, 4(11), p.e00938.
8. Egger, J., Pepe, A., Gsaxner, C., Jin, Y., Li, J. and Kern, R., 2020. Deep learning – A first meta-survey of selected reviews across scientific disciplines, their commonalities, challenges and research impact. *arXiv preprint arXiv:2011.08184*.
9. Csáji, B.C., 2001. *Approximation with Artificial Neural Networks*. MSc thesis. Faculty of Sciences, Eötvös Loránd University, Hungary. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/357888472_Approximation_with_Artificial_Neural_Networks [Accessed 14 Apr. 2025].
10. Mehlig, B., 2019. *Machine Learning with Neural Networks*. *arXiv preprint arXiv:1901.05639*.
11. Fabiyi, O.O., 2019. A review of unsupervised artificial neural networks with applications. *International Journal of Computer Applications*, 178(7), pp.1–8.
12. Schmidhuber, J., 2015. Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, pp.85–117.

ПРО МОЖЛИВОСТІ СУЧАСНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ЯК ЗАСОБУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У статті подано ґрунтовний аналіз потенціалу та обмежень штучного інтелекту (ШІ), з особливим акцентом на його здатність генерувати нові наукові й технічні рішення. Основна теза дослідження полягає в розгляді систем штучного інтелекту як апроксиматорів – математичних конструкцій, що встановлюють відповідність між множинами вхідних змінних і відповідними вихідними значеннями на основі тренувальних даних. Серед усіх типів апроксиматорів найпомітнішими та найгнучкішими визнаються штучні нейронні мережі (ШНМ). У статті на основі докладного математичного апарату проілюстровано, як такі системи навчаються на структурованих вибірках даних для формування функціональної залежності вигляду $y=F(x)$, а також показано, що їх прогностичні можливості умовно поділяються на дві категорії: інтерполяція та екстраполяція.

У межах дослідження базовим прикладом є навчання нейронної мережі на простій квадратичній вибірці та аналіз її здатності до узагальнення (інтерполяції) в межах відомого інформаційного простору, на протизагу її обмежених здатностей до екстраполяції – прогнозування за межами цього простору.

Далі обговорення переходить до сучасних застосувань ШІ, зокрема до великих мовних моделей (LLMs), побудованих на архітектурі трансформерів, таких як ChatGPT. Попри їх значно вищу структурну складність, концептуально вони залишаються подібними до класичних мереж прямого поширення сигналу. Ці моделі здатні з великою мовною гнучкістю та креативністю виконувати інтерполяцію у величезному інформаційному просторі, генеруючи зв'язні тексти шляхом перекомбінування раніше відомих елементів. Ілюстративний приклад у статті зіставляє цей процес із побудовою художньої історії на основі заданих архетипів персонажів і сюжетних структур, результатом чого можуть бути нові, але все ж укорінені у вже відомому знанні комбінації.

Цей самий принцип переноситься на сферу наукових та інженерних задач, де ШІ може створювати нові варіанти технічних рішень, комбінуючи відомі фізичні, хімічні чи механічні принципи. Наприклад, шляхом комбінування типів сил, джерел енергії та способів її використання, мережа може запропонувати новий тип двигуна, що потенційно має реальну прикладну цінність. Подібні підходи нагадують методи морфологічного аналізу та теорії розв'язання винахідницьких задач (TRIZ), проте суттєво перевершуються завдяки швидкодії та масштабованості сучасних AI-систем.

Разом із тим, автори акцентують на внутрішніх обмеженнях сучасних архітектур ШІ. Попри високу ефективність в інтерполяційних завданнях, здатність до продуктивної екстраполяції – тобто генерації результатів за межами наявного інформаційного простору – залишається критично недостатньою. Це не лише теоретичне припущення, а й емпірично підтверджений факт, зокрема через явище галюцинацій у великих мовних моделях. В таких випадках, отримавши запит, що виходить за межі знань моделі, система вигадує факти або неіснуючі дані, створюючи текст, який на перший погляд виглядає правдоподібно, але не має наукової достовірності.

У висновку стверджується, що інтерполяційна інновація – тобто генерація нових, але логічно обґрунтованих комбінацій уже наявних знань – цілком доступна сучасним системам ШІ. У ряді випадків такі рішення можуть мати істинну наукову або технічну новизну, особливо коли ці поєднання з певних причин ще не були запропоновані дослідниками. Водночас справжня екстраполяція, тобто створення фундаментально нових теорій або концепцій, поки що залишається поза межами можливостей ШІ на базі нейронних мереж.

Для досягнення такого рівня інтелектуальної діяльності необхідно розробляти гібридні системи, які поєднують нейромережеві підходи з детермінованою логікою, евристичними методами або іншими когнітивними структурами, здатними виходити за межі набутих знань. Саме ці гібридні архітектури мають потенціал не лише імітувати, а й якісно розширити межі людської творчості та наукового пізнання.

Ключові слова: штучний інтелект, нейронні мережі, інтерполяція, екстраполяція, апроксиматори, інженерні задачі, наукові задачі.

CRYPTOGRAPHIC PROPERTIES OF S-BOXES CONSTRUCTED BASED ON DYNAMIC CHAOS THEORY WHEN REPRESENTED USING MANY-VALUED LOGIC FUNCTIONS

The S-box is the main cryptographic construction, which largely determines the effectiveness of block symmetric ciphers and hash functions. Several basic requirements are imposed on modern S-boxes based on such criteria of cryptographic quality as distance of nonlinearity, error propagation criterion, and absence of a correlation between the output and input vectors. The theory of dynamic chaos is one of the promising tools for the synthesis of S-boxes, which highly correspond to the specified criteria of cryptographic quality. However, the further development of cryptography and cryptanalysis methods led to the development of new attacks based on the representation of the ciphers using many-valued logic functions, which makes it necessary to research the cryptographic quality of S-boxes not only when they are represented by component Boolean functions, but also for all their possible representations with help of the many-valued logic functions. In this paper, we present the results of the research on modern structures of S-boxes based on the theory of dynamic chaos when they are represented by many-valued logic functions. We distinguished the S-box construction characterized by the highest level of cryptographic quality for all its possible representations, which can be recommended for practical use.

Keywords: cryptography, S-box, dynamic chaos theory, many-valued logic function.

Introduction. Increasing the security of modern cryptographic algorithms is associated with the continuous development of methods for synthesizing the cryptographic primitives on which they are based. One of the most important cryptographic primitives is the S-box, the structure of which largely determines the effectiveness and performance of the cryptographic algorithm in which it is operating.

Currently, there are quite a few approaches for constructing S-boxes, among which the classical approach is based on the use of criteria for the cryptographic quality of component Boolean functions. Among such criteria, the main ones are maximization of the nonlinearity distance, compliance with the error propagation criterion, and minimization of the correlation between the output and input vectors.

To date, there are quite a lot of efficient constructions that allow synthesizing S-boxes that correspond to the specified criteria of cryptographic quality, among which we can distinguish such well-known constructions as the Nyberg construction [1], Kim's scheme [2] and its modification [3], as well as methods for generating S-boxes based on gradient descent [4].

However, in recent years, methods for synthesizing S-boxes based on the theory of dynamic chaos have become increasingly popular, making it possible to achieve a balanced correspondence of the synthesized structures to the basic criteria of cryptographic quality. An important property of these structures is their high algorithmicity: they can be implemented both in the form of a substitution table and using certain computational procedures, which is essential for their implementation on various hardware platforms. There are many known methods for the synthesis of S-boxes based on the theory of dynamic chaos, for example, [5...14]. All considered methods for synthesizing S-boxes based on the theory of dynamic chaos are designed to be characterized by a high degree of compliance with the criteria for the cryptographic quality of component Boolean functions.

However, currently, modern researcher attention is directed to the research of the possibilities of attacks on cryptographic constructions using the mathematical apparatus of many-valued logic

functions [15], which is conditioned by the possibility of representing cryptographic constructions by component functions of many-valued logic with different bases q , such that the length of the cryptographic construction can be represented as $N = q^k$, $k \neq 1$.

For example, S-boxes of practically important length $N = 16$, synthesized using the well-known method [16], have two possible representations: with the help of component Boolean functions, and also with the help of component 4-functions

$$S = \left\{ \begin{array}{c|cccccccccccccccc} S & 4 & 7 & 2 & 14 & 1 & 13 & 8 & 11 & 15 & 12 & 6 & 10 & 5 & 9 & 3 & 0 \\ \hline f_{21} & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ f_{22} & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ f_{23} & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ f_{24} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \hline f_{41} & 0 & 3 & 2 & 2 & 1 & 1 & 0 & 3 & 3 & 0 & 2 & 2 & 1 & 1 & 3 & 0 \\ f_{42} & 1 & 1 & 0 & 3 & 0 & 3 & 2 & 2 & 3 & 3 & 1 & 2 & 1 & 2 & 0 & 0 \end{array} \right\}, \quad (1)$$

each of which fully determines the structure of S-box and its cryptographic properties, and, therefore, should be carefully researched.

The obtained results [17] clearly show that the synthesis of high-quality cryptographic structures, that implement the principles of diffusion and confusion to the maximum extent, is possible only if they meet the criteria of cryptographic quality not only for component Boolean functions but also for component functions of many-valued logic for all possible representations of the S-box.

The current stage of cryptography is characterized by the rapid development of criteria for the cryptographic quality of many-valued logic functions, within which the following main criteria for many-valued logic functions are proposed:

- the criterion for maximizing nonlinearity distance [18, 19];
- the error propagation criterion [16];
- the criterion for minimizing the correlation between the output and input of a cryptographic construction [20].

Next, we consider a mathematical apparatus designed to numerically estimate the degree of compliance of a cryptographic construction with each of the above criteria, and also give an example of determining compliance with the cryptographic quality criteria of an S-box of small length $N = 16$

Formulation of the problem. While S-boxes play a crucial role in cryptographic systems due to their ability to ensure nonlinearity and confusion, their construction and analysis are predominantly based on binary logic. However, the potential of S-boxes generated through dynamic chaos remains underexplored when they are represented using many-valued logic functions. This gap poses a significant problem, as many-valued logic could provide a broader framework for analyzing and optimizing S-boxes, potentially leading to stronger cryptographic properties and more secure systems.

Analysis of previous research. A method for numerically determining the nonlinearity distance of many-valued logic functions is presented in [19] and, thus, a generalized formula for calculating the nonlinearity of Boolean functions and many-valued logic functions for arbitrary q is derived

$$NL = \begin{cases} q^k - \max \{ |\Omega(\omega)| \}, & q > 2; \\ 2^{k-1} - \frac{1}{2} \max \{ |W(\omega)| \}, & q = 2, \end{cases} \quad (2)$$

where $\Omega(\omega)$ are the coefficients of the Vilenkin-Chrestenson transform of the many-valued logic

function, and $W(\omega)$ are the coefficients of the Walsh-Hadamard transform of the Boolean function.

In this case, the Walsh-Hadamard transform of a Boolean function f is found using the product of its truth table, represented in exponential form using mapping $\{0 \leftrightarrow 1, 1 \leftrightarrow -1\}$, by the Walsh-Hadamard matrix

$$W = FA_N, \quad (3)$$

where

$$A_{2^k} = \begin{bmatrix} H_{2^{k-1}} & H_{2^{k-1}} \\ H_{2^{k-1}} & -H_{2^{k-1}} \end{bmatrix}, \quad A_1 = 1. \quad (4)$$

The component Boolean function f_{21} of the S-box (1) has the following Walsh-Hadamard transformants

$$W_{f_{21}} = \{0 \ 0 \ -8 \ 0 \ 8 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8\}, \quad (5)$$

and, in accordance with (2), its value of the nonlinearity distance is equal to $N_{f_{21}} = 4$.

The Vilenkin-Chrestenson transform is defined as the product of the component q -function represented over the exponential alphabet $\left\{ e^{j \frac{2\pi}{q} v} \right\}, v = 0, 1, \dots, q-1$ by the Vilenkin-Chrestenson matrix

$$\Omega = FV_N, \quad (6)$$

in this case, the rows of the matrix V_N are given by the following relation [21]

$$v_t(x) = e^{j \frac{2\pi}{q} \sum_{i=1}^k t_i x_i}, \quad (7)$$

where t_i is the i -th digit of the number t written in the positional q -ary system;

k is the number of digits in the q -ary representation of the value N , which determines the length of the signal samples, and $N = q^k$.

For the case of $q = 4$, the matrix V can be constructed according to the following recursive relation

$$V_{4^{k+1}} = \begin{bmatrix} V_{4^k} & V_{4^k} & V_{4^k} & V_{4^k} \\ V_{4^k} & V_{4^k} + 1 & V_{4^k} + 2 & V_{4^k} + 3 \\ V_{4^k} & V_{4^k} + 2 & V_{4^k} & V_{4^k} + 2 \\ V_{4^k} & V_{4^k} + 3 & V_{4^k} + 2 & V_{4^k} + 1 \end{bmatrix}, \quad V_4 = \begin{bmatrix} z_0 & z_0 & z_0 & z_0 \\ z_0 & z_1 & z_2 & z_3 \\ z_0 & z_2 & z_0 & z_2 \\ z_0 & z_3 & z_2 & z_1 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

where $\{z_0, z_1, z_2, z_3\} = \{e^0, e^{j \frac{2\pi}{4}}, e^{j\pi}, e^{j \frac{3\pi}{2}}\}$, and the summation is performed with respect to the indices z .

For example, we find $|\Omega|$ for the component 4-function f_{41}

$$|\Omega| = \left\{ \begin{array}{cccccccc} 0 & 4 & 0 & 4 & 0 & 2.8284 & 4 & 2.8284 \\ 5.6569 & 8 & 0 & 8 & 0 & 2.8284 & 4 & 2.8284 \end{array} \right\}, \quad (9)$$

thus, in accordance with (2), the nonlinearity distance of the component 4-function f_{41} is equal to $N_{f_{41}} = 8$.

Using the formula (2), it is easy to estimate the nonlinearity distances for each component Boolean function f_{2i} of the S-box (1), as well as for each of its component 4-function f_{4j} . Thus, the nonlinearity distances of the component Boolean functions are stable and are equal to $\{4, 4, 4, 4\}$, while the nonlinearity distances of the component 4-functions are equal to $\{8, 7.51\}$. The minimum value is used in each case as a general estimate of the nonlinearity of the S-box. Thus, having a maximum and uniformly distributed value of the nonlinearity of the component Boolean functions, the S-box (1) is characterized by a non-uniformly distributed and not reaching the maximum boundary nonlinearity distance of its component 4-functions.

The estimation of the compliance of Boolean functions to the error propagation criterion is based on the following definitions:

Definition 1 [16]. The directional derivative of a Boolean function f along a vector $u \in V_k$ is a Boolean function

$$D_u f(x) = f(x) \oplus f(x \oplus u), \quad (10)$$

where V_k is a linear vector space of binary vectors of length k , $\oplus$ is summation modulo 2.

Definition 2 [16]. A Boolean function f satisfies the error propagation criterion along a vector $u \in V_k$ if its directional derivative along a vector u is a balanced function, i.e.

$$p\{f(x) = f(x \oplus u)\} = 0.5. \quad (11)$$

Definition 3 [16]. A Boolean function f satisfies the error propagation criterion of the degree m if it satisfies the error propagation criterion along all vectors u of weight $1 \leq wt(u) \leq m$, i.e.

$$p\{f(x) = f(x \oplus u)\} = 0.5, \quad \forall u \in V_k, \quad 1 \leq wt(u) \leq m. \quad (12)$$

Definition 4 [16]. A Boolean function f satisfies the strict avalanche criterion (SAC) if it satisfies the error propagation criterion of degree 1, i.e.

$$p\{f(x) = f(x \oplus u)\} = 0.5, \quad \forall u \in V_k, \quad wt(u) = 1. \quad (13)$$

Definition 5 [16]. The weight $\varpi(u)$ of a q -valued vector is the number of its nonzero components.

Definition 6 [16]. The derivative of a function f along a q -valued vector u is the function

$$D_u f(x) = f(x \oplus_q u) - f(x) \pmod{q}, \quad (14)$$

where $\oplus_q$ means the summation modulo q .

Definition 7 [16]. An q -valued logic function f satisfies the error propagation criterion along a vector $u \in V_k$ if its directional derivative along the vector u is a balanced function, i.e. its values

$0, 1, \dots, q-1$ occur with equal probabilities: $p(D_u f(x) = i \pmod{q}) = \frac{1}{q}$ for all $i = 0, 1, \dots, q-1$. In other words, $K^0 = K^1 = \dots = K^{q-1}$, where K^i is the number of sets of values of variables on which the derivative takes on a value i .

Definition 8 [16]. A q -valued logic function f satisfies the error propagation criterion of order k if it satisfies the error propagation criterion for all vectors u of weight $1 \leq \varpi(u) \leq k$.

Definition 9 [16]. A q -valued logic function satisfies the SAC if it satisfies the error propagation criterion of the degree 1.

Consider an example of determining the correspondence of the first component Boolean function of the S-box (1) to the SAC using **Definitions 1...4**, for which we find its derivatives in directions $\{0001\}, \{0010\}, \{0100\}, \{1000\}$, which have the following form

$$\begin{aligned} D_{0001} f_{21} &= \{1000111001001101\}; \\ D_{0010} f_{21} &= \{0001011100101011\}; \\ D_{0100} f_{21} &= \{1101010011101000\}; \\ D_{1000} f_{21} &= \{1000111001001101\}. \end{aligned} \quad (15)$$

Since all derivatives (15) are balanced, we can conclude that the component function f_{21} corresponds to the SAC. It is also easy to verify that the remaining component functions f_2, f_3, f_4 also correspond to the SAC.

Let us check the avalanche properties of the S-box (1) when it is represented by component 4-functions. To do this, following **Definitions 5...9**, we find the derivatives of the component 4-functions in the directions of unit weight

$$\begin{aligned} D_{01} f_{41} &= \{3302033212010211\}; D_{01} f_{42} = \{0332330202111201\}; \\ D_{02} f_{41} &= \{1221232321123232\}; D_{02} f_{42} = \{3223303023320303\}; \\ D_{03} f_{41} &= \{2321321232122321\}; D_{03} f_{42} = \{3212232123213212\}; \\ D_{10} f_{41} &= \{3100003113000013\}; D_{10} f_{42} = \{2213132222313122\}; \\ D_{20} f_{41} &= \{2110201133203023\}; D_{20} f_{42} = \{2011211030233320\}; \\ D_{30} f_{41} &= \{1212322321212332\}; D_{30} f_{42} = \{0101122110102112\}. \end{aligned} \quad (16)$$

Detailed research of the (16) shows that for the function f_{41} only the derivatives $D_{01} f_{41}$ and $D_{20} f_{41}$ are balanced, while for the function f_{42} the derivatives $D_{01} f_{42}$ and $D_{01} f_{42}$ are balanced, thus, none of the component 4-functions of the S-box (1) correspond to the SAC.

For the convenience of measuring the degree of discrepancy of the derivative from the SAC requirements, the indicators of the maximum and integral deviation from the SAC can be used. Consider an example of a derivative $D_{02} f_{41}$, for which we write the number of symbols “0”, “1”, “2” and “3”

$$\left\{ \begin{array}{cccc} K_{D_{02} f_{41}}^0 & K_{D_{02} f_{41}}^1 & K_{D_{02} f_{41}}^2 & K_{D_{02} f_{41}}^3 \\ 0 & 4 & 8 & 4 \end{array} \right\}. \quad (17)$$

However, based on **Definition 9**, we need the numbers of characters “0”, “1”, “2” and “3” to be equal to each other, i.e. $K^0 = K^1 = K^2 = K^3 = N/4 = 4$. However, in our case, we have the inequality of these values to each other. We can calculate the deviations for each symbol of the derivative from the required amount to correspond to the SAC

$$\left\{ \begin{array}{cccc} \Delta K_{D_{02} f_{41}}^0 & \Delta K_{D_{02} f_{41}}^1 & \Delta K_{D_{02} f_{41}}^2 & \Delta K_{D_{02} f_{41}}^3 \\ \left| 4 - K_{D_{02} f_{41}}^0 \right| & \left| 4 - K_{D_{02} f_{41}}^1 \right| & \left| 4 - K_{D_{02} f_{41}}^2 \right| & \left| 4 - K_{D_{02} f_{41}}^3 \right| \end{array} \right\} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{cccc} \Delta K_{D_{02} f_{41}}^0 & \Delta K_{D_{02} f_{41}}^0 & \Delta K_{D_{02} f_{41}}^0 & \Delta K_{D_{02} f_{41}}^0 \\ 4 & 0 & 4 & 0 \end{array} \right\}. \quad (18)$$

The integral deviation from the SAC for the S-box is defined as the sum of all deviations $\Delta K_{D_j f_l}^i$ for all component q -functions in all directions corresponding to **Definition 9**

$$\Delta K_S = \sum_{l=1}^k \sum_{j=1}^h \sum_{i=0}^{q-1} \Delta K_{D_j f_l}^i, \quad (19)$$

where k is the number of component q -functions, h is the number of derivatives of unit weight for a given length of the component q -function, q is the base of the S-box representation.

The maximum deviation from the SAC for the S-box will be defined as the maximum value among all $\Delta K_{D_j f_l}^i$

$$\Delta_{\max} K_S = \max \left\{ \Delta K_{D_j f_l}^i \right\}, \quad l=1,2,\dots,k, \quad j=1,2,\dots,h, \quad i=0,1,\dots,q-1. \quad (20)$$

It is clear that lower values of ΔK_S and $\Delta_{\max} K_S$ characterize a higher quality of the S-box. Ideally, we need equality $\Delta K_S = \Delta_{\max} K_S = 0$ for all possible representations of the S-box by component q -functions.

It is not difficult to determine that for an S-box (1) $\Delta K_S = 0, \Delta_{\max} K_S = 0$ for its representation by component Boolean functions, and $\Delta K_S = 192, \Delta_{\max} K_S = 8$ for its representation by the component 4-functions.

Next, we consider the criterion for minimizing the correlation between the output of a cryptographic construction and its input. To determine the degree of correlation between the output vectors of the S-box and its input vectors, the mathematical apparatus of the matrices of correlation coefficients $R = \|r_{i,j}\|$, $i, j=1,2,\dots,k$ is used, where the correlation coefficients

$$r_{i,j} = 1 - 2^{-(k-1)} \sum_{m=1}^N (x_{m,i} \oplus y_{m,j}), \quad i, j=1,2,\dots,k, \quad (21)$$

where $x_{m,i}$, $y_{m,j}$ denote the input and output vectors of the S-box, respectively.

The absence of correlation between the output and input bits ($r_{i,j} = 0$) is considered as a good quality of the cipher, but researchers are increasingly insisting that a minimization of correlation coefficients absolute values, while their absolute values are approximately equal to each other, is more important.

Formula (21) is suitable for calculating the correlation dependence of output and input vectors for all the most common S-boxes in practice, the length of which can be represented as $N = 2^k$, while the matrix R is the same for representations of S-boxes by different bases q . For the case of researching the correlation dependence of the output and input vectors for S-boxes of length $N \neq 2^k$, the mathematical apparatus [17] is used.

Results. Currently, numerous methods for synthesizing cryptographically high-quality S-boxes based on the theory of dynamic chaos have been created, the most common ones are

presented in [5 - 14]. All specified S-boxes have length $N = 256$, which corresponds to the architecture of modern cryptographic algorithms. Thus, all of these S-boxes can be represented as 8 component Boolean functions, 4 component 4-functions, or 2 component 16-functions, each of which determines the cryptographic quality of the entire construction and should be carefully researched.

Using the mathematical apparatus for researching the cryptographic quality of S-boxes described in this paper, we perform research on the cryptographic quality of S-boxes based on the theory of dynamic chaos [5 - 14], the results of which are presented in Tab. 1.

Table 1

Values of cryptographic quality indicators for S-boxes based on the dynamic chaos theory

№	S-блок	$q = 2$			$q = 4$			$q = 16$			$\max\{ r_{ij} \}$
		ΔK_S	$\Delta_{\max} K_S$	N_{f_2}	ΔK_S	$\Delta_{\max} K_S$	N_{f_4}	ΔK_S	$\Delta_{\max} K_S$	$N_{f_{16}}$	
1	[5]	520	32	106	1232	18	209.1385	3108	12	212.3220	0.1406
2	[6]	656	32	98	1120	18	213.2449	2876	14	206.1523	0.125
3	[7]	552	28	102	1312	43	202.3344	3276	17	194.5649	0.1563
4	[8]	544	24	104	1108	24	213.4794	2956	12	214.1403	0.1563
5	[9]	524	28	96	1088	28	214.7689	2980	12	213.7293	0.1641
6	[10]	484	24	100	1024	20	216	2868	14	216.9470	0.1719
7	[11]	484	24	106	1016	16	213.0582	2804	14	217.0569	0.125
8	[12]	636	28	104	1052	22	210.3054	2968	11	215.2830	0.1641
9	[13]	512	28	104	1096	18	212.1366	2908	18	219.1407	0.1719
10	[14]	432	16	112	880	16	216.6046	2728	14	216.5184	0.125

Analysis of the data presented in Table 1 shows that the cryptographic properties of S-boxes built on the basis of the dynamic chaos theory vary greatly for various well-known structures, both in the case of their representation by component Boolean functions and by component functions of many-valued logic. At the same time, according to most of the calculated indicators, the best construction is [14], which is characterized by both a high level of nonlinearity, low maximal and integral deviations from the SAC, and small peaks in the correlation dependence of the output vectors from the input vectors.

All S-boxes researched in this paper were generated by dynamic chaos algorithms and mostly reached values close to the maximum value in the Boolean component functions and the case of component 4-functions, but unfortunately, not so good results for component 16-functions. According to this, we could affirm that they are good for nonlinear requirements, and this approach could be recommended for synthesizing S-boxes that satisfy the criterion of high nonlinearity.

Despite the previous fact, according to research performed, we could observe, that all provided S-boxes couldn't reach the values to fully satisfy the SAC. Some of them were very close, but most did not reach full compliance with this criterion. Because of these results, we could make an assumption, that considered algorithms based on dynamic chaos concepts are not designed to generate S-boxes, that fully satisfy SAC, because of their unpredictable nature (the main concept of dynamic chaos) and SAC requires stricter algorithms with more predictable behavior like [2].

So, the very high sensitivity of chaotic algorithms to the input data from one side provides great and even perfect results in the case of nonlinearity and simultaneously good results in the case of SAC.

But, despite all the discussed problems, S-box [14] is characterized by very high compliance with cryptographic quality criteria for all possible representations. So, it could be recommended for practical use in modern block symmetric algorithms such as AES and could potentially improve their effectiveness.

Conclusions. We note the main results of the research:

1. Using any known cryptographic construction to build S-boxes implies thorough research of the properties of the resulting S-box, both when it is represented using the mathematical apparatus of Boolean functions, and using the mathematical apparatus of many-valued logic functions.

2. Methods for synthesizing S-boxes based on the theory of dynamic chaos are promising, while S-boxes synthesized based on them can be characterized by a high level of cryptographic quality. Nevertheless, when developing S-box constructions based on the dynamic chaos theory, it is important to take into account their properties not only when represented by Boolean functions, but also when they are represented using many-valued logic functions.

3. Among the set of researched S-boxes, a construction is selected that is characterized by the best level of cryptographic quality according to most of the considered indicators. This construction can be recommended for practical use in existing and developed cryptographic algorithms.

REFERENCES:

1. Nyberg, K. (1994). Differentially uniform mappings for cryptography. *Advances in cryptology. Proc. of EUROCRYPT'93*. Berlin, Heidelberg, New York, vol.765, pp.55-65. <https://doi.org/10.1007/3-540-48285-76>
2. Kim, K., Matsumoto, T., Imai, H. (1990). A recursive construction method of S-boxes satisfying strict avalanche criterion. *Proc. of CRYPTO'90*. Springer-Verlag, pp. 565-574. <https://doi.org/10.3103/s0735272713080049>
3. Sokolov, A.V. (2013). Constructive method for the synthesis of nonlinear S-boxes satisfying the strict avalanche criterion. *Radioelectronics and Communications Systems*, vol. 56, no. 8, pp. 415-423. <https://doi.org/10.3103/s0735272713080049>
4. Kazimirov, A.V. Oleinikov, R.V. (2013). A method for constructing non-linear replacement nodes based on gradient descent. *Radiotekhnika*, issue 172, pp. 104-108.
5. Tian, Y., Zhimao, L. (2017). Chaotic S-Box: Intertwining Logistic Map and Bacterial Foraging Optimization, *Mathematical Problems in Engineering*, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2017/6969312>
6. Tanyildizi, E., Özkaynak, F. (2019). A New Chaotic S-Box Generation Method Using Parameter Optimization of One Dimensional Chaotic Maps. *IEEE Access*, vol. 7, pp. 117829-117838. <https://doi.org/10.1109/access.2019.293644>
7. Farwa, S., Shah, T., Muhammad, N. (2017). An Image Encryption Technique based on Chaotic S-Box and Arnold Transform. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 8, No. 6, pp. 360-364. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2017.080647>
8. Lu, Q., Zhu, C., Deng, X. (2020). An Efficient Image Encryption Scheme Based on the LSS Chaotic Map and Single S-Box. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 25664-25678. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970806>
9. Asim, M., Jeoti, V. (2008). Efficient and Simple Method for Designing Chaotic S-Boxes. *ETRI Journal*, vol. 30, no. 1, pp. 170-192. <https://doi.org/10.4218/etrij.08.0207.0188>
10. Wang, J., Zhu, Y., Zhou, C., Qi, Z. (2020). Construction Method and Performance Analysis of Chaotic S-Box Based on a Memorable Simulated Annealing Algorithm. *Symmetry*. 2020. <https://doi.org/10.3390/sym12122115>
11. Lambić, D. (2018). S-box design method based on improved one-dimensional discrete chaotic map. *Journal of Information and Telecommunication*, vol. 2, issue 2, pp. 181-191. <https://doi.org/10.1080/24751839.2018.1434723>
12. Lu, Q., Zhu, C., Wang, G. (2019) A Novel S-Box Design Algorithm Based on a New Compound Chaotic System. *Entropy*, no. 21(10), pp. 1004, 2019. <https://doi.org/10.3390/e21101004>

13. Lai, Q., Akgul, A., Li, C., Xu, G., Çavuşoğlu, U. (2018). A New Chaotic System with Multiple Attractors: Dynamic Analysis, Circuit Realization and S-Box Design. *Entropy*, no. 20(1), pp. 12. <https://doi.org/10.3390/e20010012>
14. Hussain, I., Anees, A., Al-Maadeed, T., Mustafa, M. (2019). Construction of S-Box Based on Chaotic Map and Algebraic Structures. *Symmetry*, no. 11(3), pp. 351. <https://doi.org/10.3390/sym11030351>
15. Baigneres, T., Stern, J., Vaudenay, S. (2007). Linear cryptanalysis of non-binary ciphers. *Proceedings of the International Workshop on Selected Areas in Cryptography*, Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 184-211.
16. Sokolov, A.V., Zhdanov, O.N. (2019). Strict avalanche criterion of four-valued functions as the quality characteristic of cryptographic algorithms strength. *Siberian Journal of Science and Technology*, vol. 20, no. 2, pp.183-190. <https://doi.org/10.31772/2587-6066-2019-20-2-183-190>
17. Sokolov, A.V., Zhdanov, O.N. (2020). Cryptographic constructions based on many-valued logic functions, Monograph. M: Scientific Thought, 192 p. <https://doi.org/10.12737/1045434>
18. Sokolov, A.V., Djiofack, T.V.N. (2019). Nonlinear Properties of Rijndael S-boxes Represented by the Many-Valued Logic Functions. *Proceedings of the International Workshop on Cyber Hygiene*, Kyiv, pp. 96-106.
19. Sokolov, A.V., Zhdanov, O.N. (2016). Regular synthesis method of a complete class of ternary bent-sequences and their nonlinear properties. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, vol. 8, no. 9, pp. 39-43.
20. Bakunina, E.V., Dykyi, O.V. (2022). Synthesis method for S-boxes satisfying the criterion of correlation immunity of Boolean and 4-functions. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*. <https://doi.org/10.1080/09720529.2021.2018112>
21. Trakhtman, A.M., Trakhtman, V.A. (1975). *Fundamentals of the theory of discrete signals on finite intervals*, M: Sov.radio. 208 p.

д.т.н., проф. Соколов А.В., д.т.н., проф. Ленков С.В., Радущ В.В.

КРИПТОГРАФІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ S-БЛОКІВ, ЩО ПОБУДОВАНІ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ДИНАМІЧНОГО ХАОСУ ПРИ ПРЕДСТАВЛЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ ФУНКЦІЙ БАГАТОЗНАЧНОЇ ЛОГІКИ

S-блок є основною криптографічною конструкцією, яка багато в чому визначає ефективність блочних симетричних шифрів і хеш-функцій. До сучасних S-блоків висувається декілька основних вимог, заснованих на таких критеріях криптографічної якості, як відстань нелінійності, критерій розповсюдження помилки та критерій відсутності кореляції між вихідним і вхідним векторами. Теорія динамічного хаосу є одним із перспективних інструментів для синтезу S-блоків, які у великій мірі відповідають заданим критеріям криптографічної якості. Проте подальший розвиток криптографії та методів криптоаналізу привів до розробки нових атак, заснованих на представленні шифрів за допомогою функцій багатозначної логіки, що робить необхідним дослідження криптографічної якості S-блоків не тільки при їх представленні компонентними булевими функціями, а також для всіх можливих їх представлень за допомогою функцій багатозначної логіки. У цій роботі надано результати дослідження сучасних конструкцій S-блоків на основі теорії динамічного хаосу при їх представленні функціями багатозначної логіки. Було виділено конструкцію S-блока, що характеризується найвищим рівнем криптографічної якості для всіх можливих її представлень, яку можна рекомендувати для практичного використання.

Ключові слова: криптографія, S-блок, теорія динамічного хаосу, функція багатозначної логіки.

**ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИМІРУ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ
ВНУТРІШНЬОГО КОНТРОЛЮ У МІНІСТЕРСТВІ ОБОРОНИ УКРАЇНИ ТА
ПІДПОРЯДКОВАНИХ УСТАНОВАХ**

Набуття повноправного членства у Європейському Союзі, що є пріоритетом національних інтересів України, вимагає забезпечення в установах державного сектору України функціонування надійної системи внутрішнього контролю (СВК). Підвищення ефективності внутрішнього контролю В та внутрішнього аудиту В у державних органах України визначено як стратегічну ціль в системі державного внутрішнього фінансового контролю. Для виявлення та реалізації можливостей підвищення ефективності СВК, зокрема у Міністерстві оборони України (МОУ) та підпорядкованих установах, виникає необхідність у визначенні рівнів ефективності СВК.

Актуальність цього дослідження зумовлено як відсутністю на державному рівні єдиних підходів до характеристики рівнів ефективності СВК та вибору критеріїв їх виміру, так і наявністю значних проблем в організації та функціонуванні СВК у МОУ та в органах військового управління, військових частинах, закладах Збройних Сил України, Державної служби спеціального транспорту, що входять до системи МОУ.

У статті висвітлено положення вітчизняної методичної бази щодо організації та функціонування СВК та ВА, за результатами аналізу якої встановлено, що стан функціонування СВК передусім має характеризуватися здатністю кожного складового її елементу виконувати покладені на нього функції. Розглянуто підходи до визначення ефективності систем в теорії систем та в теорії організації, що дало змогу охарактеризувати рівень ефективності функціонування СВК як ступінь набуття цією системою спроможності виконувати покладені на неї функції для досягнення поставленої їй цілі.

Особливу увагу в дослідженні приділено компонентам, якими в установі має забезпечуватися функціонування СВК, оскільки вони слугують основою формування критеріїв, за якими може вимірюватися рівень ефективності СВК.

Методологічну основу дослідження склали методи системного аналізу, методи узагальнення, порівняння, аналогії та синтезу, за допомогою яких визначено загальну характеристику стану функціонування СВК в установах державного сектору надано загальне визначення поняттю «рівень ефективності СВК» та сформовано критерії його виміру.

Проведене дослідження сприяє розширенню наукового розуміння питання ефективності функціонування СВК в установах державного сектору. Визначений в цій роботі набір критеріїв вимірювання рівня ефективності СВК може бути використаний для удосконалення запровадженої у МОУ моделі оцінювання ефективності СВК, що дасть змогу більш об'єктивно і точно визначати рівень ефективності СВК у МОУ (підпорядкованих МОУ установах) та відповідно розширить можливості виявлення резервів підвищення ефективності СВК, дозволить оперативно реагувати на недоліки у СВК, зокрема в процесах системи управління.

Крім того, в статті підкреслюється необхідність нормативно-правового урегулювання порядку формування та подання звітності про стан функціонування СВК в установах, що входять до системи органу державної влади.

Майбутні дослідження будуть спрямовані на вивчення передового досвіду держав – членів Європейського Союзу та НАТО щодо організації та ефективності функціонування СВК, що може бути врахований під час формування рекомендацій щодо підвищення ефективності внутрішнього контролю в системі МОУ.

Ключові слова: система внутрішнього контролю, внутрішній контроль, внутрішній

Вступ та постановка проблеми. Одним із міжнародних зобов'язань України, передбачених угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, є забезпечення розвитку надійних систем внутрішнього контролю в установах державного сектору [1, ст. 346].

Враховуючи визначення поняття “надійність” (*англ. dependability*) в національному стандарті ДСТУ ISO для систем управління [2] як здатність системи функціонувати у потрібний час відповідно до встановлених для неї вимог, система внутрішнього контролю (СВК) має бути здатна забезпечувати досягнення бажаних результатів діяльності установи відповідно до визначених завдань (функцій, планів) та законне, ефективне використання необхідних для цього ресурсів.

Однак результати аудитів діяльності Міністерства оборони України (МОУ) та органів військового управління, військових частин, закладів Збройних Сил України, Державної служби спеціального транспорту, проведених Рахунковою палатою, засвідчують значні проблеми в організації та функціонуванні СВК, зокрема недотримання принципів, на яких ґрунтується внутрішній контроль (безперервність, об'єктивність, делегування повноважень, відповідальність, превентивність), невжиття належних заходів для запобігання ризиків тощо. Це створює підґрунтя для незаконного, неекономного, нерезультативного та непродуктивного використання бюджетних коштів, а також ризики прийняття неефективних управлінських рішень та порушень вимог законодавства, що негативно впливає на результативність діяльності МОУ та підпорядкованих установ [3-4].

Підвищення ефективності внутрішнього контролю (ВК) та внутрішнього аудиту (ВА) в державних органах України є стратегічною ціллю в системі державного внутрішнього фінансового контролю [5].

Водночас у нормативно-правових актах з питань ВК та ВА [6-9] не міститься ні визначення поняття “рівень ефективності СВК”, ні критеріїв та показників, за якими має характеризуватися та оцінюватися рівень ефективності СВК, що відповідно не дає змоги повною мірою виявляти та реалізовувати резерви підвищення ефективності СВК у МОУ та підпорядкованих установах.

Всі ці проблемні аспекти вимагають негайного вирішення та потребують наукового дослідження, спрямованого на визначення поняття “рівень ефективності СВК” та критеріїв, за якими має характеризуватися та вимірюватися рівень ефективності СВК в установах державного сектору, зокрема у МОУ та підпорядкованих установах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичними основами цього дослідження є нормативно-правові акти, які регулюють питання організації та забезпечення здійснення ВК та ВА в органах державної влади України, а також в установах, організаціях та на підприємствах, що належать до сфери управління таких органів [6-9].

Фундаментальні основи порушеного питання викладено у наукових працях С. Петренко [10], В. Максимової [11], Т. Каменської, О. Редька [12] та інших.

Окремі підходи до формування критеріїв оцінки ефективності СВК у МОУ та установах ЗСУ висвітлено у працях А. Лойшина [13], С. Слободяника, П. Пархоменка, О. Деменева, І. Ткача [14] та інших. Однак в проведених дослідженнях науковці не достатньо приділили уваги питанню вибору критеріїв, за якими має характеризуватися здатність кожного елементу СВК виконувати покладену на нього функцію, а СВК в цілому – досягати поставлену їй ціль, а також вимірюватися рівень ефективності СВК.

Мета статті – провести аналіз вітчизняної методичної бази з питань ВК та ВА для визначення характеристики стану функціонування СВК в установах державного сектору, надати загальне визначення поняттю “рівень ефективності СВК” та сформулювати набір критеріїв, за якими має вимірюватися рівень ефективності СВК, зокрема у МОУ та підпорядкованих установах.

Виклад основного матеріалу. В методичних посібниках Міністерства фінансів України (Мінфін) [15-17], на яке Бюджетним кодексом України покладено повноваження щодо визначення організаційно-методологічних засад функціонування ВК та здійснення ВА [6], зазначається про обов'язок керівника бюджетної установи створити та забезпечити ефективне функціонування СВК, необхідність постійного оцінювання СВК з метою підтримки її подальшого рівня ефективності та результативності.

Проте в своїх методичних рекомендаціях щодо характеристики стану функціонування СВК головний методолог з питань ВК та ВА переважно оперує з поняттям “належна СВК”, як така, що має сприяти установі у досягненні визначених цілей та результативності виконання завдань, ефективному використанню бюджетних коштів, дозволяти максимально зменшити ризик помилок, порушень та неефективного використання ресурсів [16]. Належна СВК має забезпечити лише розумну (не абсолютну) впевненість керівника у досягненні мети (цілей) діяльності установи, оскільки завжди існує імовірність виникнення зовнішніх факторів, на які заходи контролю в установі можуть не мати впливу [15]. Відсутність функціонування одного із елементів СВК або неузгодженість елементів СВК між собою, або недотримання відповідних принципів ВК вважається “значним недоліком” у СВК [16].

Із всіх елементів СВК лише для ВА, який є складовим компонентом елементу СВК “Моніторинг”, Мінфіном визначено критерії виміру його ефективності та результативності функціонування, а саме [18]:

- задоволеність потреб ключових заінтересованих сторін;
- відповідність способу діяльності провідним (кращим) практикам;
- відповідність діяльності професійним стандартам аудиту і пов'язаним нормативним вимогам.

Водночас варто відмітити, що оцінювання функціонування ВА за вказаними критеріями дає змогу насамперед характеризувати здатність ВА виконувати покладену на нього функцію – сприяти удосконаленню СВК, зокрема процесів системи управління, та надавати керівнику установи об'єктивну інформацію про здатність СВК досягати поставлену їй ціль та/або окремих її елементів виконувати свою функцію.

За результатами аналізу методичної бази Мінфіну та виходячи із встановлених завдань моніторингу у СВК щодо кожного її елемента [15-17], можна сформулювати такі критерії оцінювання стану функціонування елементів СВК:

а) Щодо елементу СВК “Внутрішнє середовище”:

- відповідність організаційної структури установи визначеним їй завдань і цілям;
- раціональність та чіткість розподілу обов'язків, повноважень, відповідальності та підзвітності;
- відповідність внутрішніх регламентуючих документів вимогам нормативно-правових актів;
- дотримання персоналом установи законодавства, внутрішніх документів, етичних норм та принципів.

Оцінювання за вказаними критеріями функціонування елементу СВК “Внутрішнє середовище” дає змогу характеризувати здатність створеного в установі організаційного та культурного середовища сприяти результативній, ефективній та законній її діяльності, де:

результативність визначається як рівень (ступінь) відповідності отриманих результатів поставленим цілям або очікуваним наслідкам діяльності;

ефективність характеризується співвідношенням між використаними ресурсами та отриманими результатами для досягнення цілей установою (використання мінімуму ресурсів для досягнення результату відповідної якості та кількості або отримання максимум результату відповідної якості та кількості при наявних ресурсах);

під законністю розуміється здійснення діяльності відповідно до вимог законодавства, встановлених норм, стандартів, регламентів тощо.

б) Щодо елементу СВК “Управління ризиками”:

- ефективність заходів з управління ризиками (ідентифікація, оцінка, перегляд, документування, координація ризиків, обрання способів реагування на ризики, інформування керівництва про оцінку ризиків та ризикові сфери діяльності установи);
- ефективність та дієвість способів реагування на ідентифіковані та оцінені ризики (зменшення, прийняття, розділення чи уникнення);
- інформованість керівництва про фактори, які впливають на ризики.

Оцінювання за вказаними критеріями “Управління ризиками” дає змогу характеризувати здатність цього елементу забезпечити своєчасне виявлення та оцінку ризиків для прийняття обґрунтованих та ефективних управлінських рішень.

в) Щодо елементу СВК “Заходи контролю”:

- ефективність та дієвість запроваджених заходів контролю, зокрема здатність впроваджених заходів контролю зменшувати вплив виявлених ризиків, усувати виявлені проблеми/недоліки/порушення, запобігати/попереджати виникнення нових ризиків, що суттєво впливатимуть на досягнення/реалізацію установою своїх цілей/завдань/функцій;
- результативність заходів контролю (відповідність очікуваних результатів запровадженням заходам).

Як вбачається, ефективність та результативність функціонування цього елементу СВК характеризується здатністю впроваджених заходів контролю забезпечити мінімізацію або усунення впливу ризиків на діяльність установи та недопущення створення умов для неправомірних чи необґрунтованих дій персоналу установи.

г) Щодо елементу СВК “Інформація та комунікація (інформаційний та комунікаційний обмін)”: увага Мінфіну зосереджується на процесі управління інформаційно-комунікаційними потоками та стані інформаційної безпеки.

Належне управління установою потребує, щоб всі операції, процедури та події в установі були задокументовані. Інформація про це має створюватися своєчасно, бути надійною, актуальною, точною, повною, доступною, захищеною, перевіреною, поданою та збереженою. Від цього значною мірою залежить обґрунтованість та ефективність управлінських рішень.

Інформаційна система, в якій здійснюється передача та обробка інформації як з внутрішніх, так і зовнішніх джерел, має відповідати правилам документообігу, захисту інформації та безпеки доступу до неї.

Зважаючи на вищезазначене, можна сказати, що стан функціонування елементу СВК “Інформації та комунікації (інформаційний та комунікаційний обмін)” має характеризуватися його здатністю забезпечити в установі своєчасність, достовірність та повноту створення, збору, аналізу, передачі та використання інформації, а також захист інформації та безпеку доступу до неї.

Що ж до функціонування самого елемента СВК “Моніторинг”, то Мінфін зазначає про те, що ефективний моніторинг дає змогу, тобто здатний, виявляти на ранніх етапах відхилення, небажані тенденції та можливості для удосконалення СВК, а також надавати впевненість керівнику установи у тому, що запроваджена СВК функціонує ефективно в будь-який проміжок часу [16].

Узагальнюючи вказані критерії оцінювання стану функціонування кожного із елементів СВК, сформульовані за результатами аналізу методичної бази Мінфіну, можна зробити висновок, що стан функціонування СВК передусім має характеризуватися здатністю кожного складового її елементу виконувати покладені на нього функції.

Слід зазначити, що за умови відсутності єдиних підходів до вибору критеріїв оцінювання рівня ефективності СВК в установах державного сектору, МОУ змушено самостійно визначати критерії та показники оцінювання рівня ефективності функціонування СВК у МОУ та підпорядкованих установах.

Представниками Національного університету оборони України (далі – НУОУ)

С. Слободяником, П. Пархоменком, О. Деменевим, І. Ткачем в науковому дослідженні [14] надано обґрунтовану пропозицію щодо формування критеріїв та показників ефективності функціонування СВК із застосуванням підходів як теорії систем, так і теорії організації. При цьому зазначено, що оцінка рівня ефективності СВК повинна здійснюватися за допомогою системи показників, які характеризують функції складових елементів СВК, а визначальну роль у підвищенні рівня ефективності СВК має відігравати система ВА шляхом розвитку підрозділу ВА та підвищення рівня довіри до нього керівництва установи.

У науковій праці військових науковців таких як, О. Мацько, С. Микусь, В. Солонніков [19], розробленої зокрема на основі підходів в теорії систем, під ефективністю функціонування системи розуміється ступінь досягнення системою поставленої перед нею мети. Тобто, іншими словами можна сказати, що під ефективністю виконання системою покладених на неї функцій розуміється ступінь досягнення (отримання) системою результату, який відповідає встановленим очікуванням (є бажаним).

У контексті нашого дослідження варто відмітити наукову розробку Г. Монастирського [20], який виділяє в теорії організації два підходи до визначення організації:

організація як система (впорядкована сукупність взаємодіючих частин цілого, обумовлена його цілями);

організація як процес (сукупність дій, спрямованих на утворення необхідних зв'язків).

У відповідності до цих підходів визначення організації формування критеріїв оцінювання ефективності функціонування системи має здійснюватися за двома напрямками [20]:

- за ступенем відповідності досягнутих результатів встановленим цілям;
- за ступенем відповідності процесу функціонування системи вимогам до його змісту, організації та результатів.

Слід звернути увагу, що здатність системи отримувати результат, який відповідатиме сформульованим потребам чи очікуванням (загальнозрозумілим чи обов'язковим) в національному стандарті ДСТУ ISO для систем управління [2] *визначається як спроможність (англ. capability) системи.*

Отже, за результатами проведеного аналізу рекомендацій головного методолога з питань ВК та ВА, а також враховуючи підходи до визначення ефективності системи як в теорії систем, так і в теорії організації, рівень ефективності функціонування СВК можна охарактеризувати як ступінь набуття цією системою спроможності виконувати покладені на неї функції для досягнення поставленої їй цілі.

Продовжуючи дослідження визначених проблемних аспектів, слід звернути особливу увагу на три компоненти, якими в установі забезпечується функціонування СВК. Зміст та стислу характеристику цих компонентів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Компоненти, якими в установі забезпечується функціонування системи внутрішнього контролю

№ з/п	Зміст компоненту сформовано за джерелом [7]	Компонентом характеризується
1	Впровадження керівником установи управлінських заходів та затвердження ним внутрішніх документів, спрямованих на досягнення визначених установі мети (цілей), виконання завдань, планів, вимог щодо її діяльності, ефективність, результативність та прозорість діяльності, попередження настання порушень і збитків, забезпечуючи прозорість методів та заходів управління установою, виконання зобов'язань щодо підзвітності та функціонування елементів ВК з урахуванням вимог, установлених Основними засадами ВК	Організація (створення) в установі СВК у відповідності до положень Основних засад ВК з урахуванням функцій, визначених для її складових елементів
2	Запровадження в установі чітких систем (порядків) планування діяльності, контролю за їх виконанням та звітування про виконання планів, завдань і функцій, оцінки досягнутих результатів та за необхідності своєчасного коригування планів діяльності	Організація діяльності персоналу у відповідності до циклу ефективної діяльності управління (виконавця) PDCA Демінга, що має бути інтегрований в СВК
3	Виконання персоналом установи планів, завдань і функцій, визначених законодавством, та затверджених керівником установи внутрішніх документів, інформування керівництва установи про ризики, що виникають під час виконання покладених на них завдань і функцій, вжиття заходів контролю, здійснення моніторингу, обміну інформацією	Дієвість управлінського контролю щодо виконання персоналом установи своїх службових обов'язків, завдань (планів), вимог законодавства та внутрішніх документів, зокрема щодо функціонування СВК

За логікою, що впливає з табл. 1, стан функціонування СВК в установах державного сектору має вимірюватися за такими критеріями:

1. Відповідність сформованої структури СВК положенням Основних засад ВК та здатність складових елементів СВК виконувати покладені на них функції:

внутрішнє середовище – сприяння створеного в установі організаційного та культурного середовища результативній, законній та ефективній діяльності установи;

управління ризиками – забезпечення своєчасного виявлення та оцінки ризиків для прийняття обґрунтованих та ефективних управлінських рішень;

заходи контролю – забезпечення мінімізації або усунення впливу ризиків на діяльність установи та недопущення створення умов для неправомірних чи необґрунтованих дій персоналу установи;

інформація та комунікація (інформаційний та комунікаційний обмін) – забезпечення в установі повного, достовірного та своєчасного створення, збору, аналізу, передачі та використання інформації, а також захисту інформації та безпеки доступу до неї;

постійний моніторинг – забезпечення дотримання персоналом установи в повсякденній діяльності встановлених нормативних вимог, стандартів, планових показників тощо;

внутрішній аудит – сприяння удосконаленню СВК, зокрема процесів системи управління, та надання керівнику установи об'єктивної інформації про спроможність СВК в цілому (або окремих її елементів) досягати поставлену їй ціль (виконувати встановлені функції).

2. Відповідність організації діяльності кожного працівника установи загальновизнаному циклу ефективної діяльності управління (виконавця) PDCA Демінга [21], де:

Р (англ. *plan*) – планування діяльності (належить до елементу СВК “Внутрішнє середовище”);

Д (англ. *do*) – виконання службових обов'язків, завдань, планів з урахуванням впливу ризиків, на які розробляються заходи контролю (належить до елементів СВК “Управління ризиками” та “Заходи контролю”);

С (англ. *check*) – перевірка фактичних показників діяльності із плановими, нормативними вимогами (за своєю суттю є постійним моніторингом поточної діяльності, що відноситься до елементу СВК “Моніторинг”);

А (англ. *act*) – реагування на виявлені відхилення від встановлених показників діяльності чи невиконання нормативних вимог шляхом вжиття коригуючих заходів (за допомогою елементу СВК “Інформації та комунікації (інформаційний та комунікаційний обмін)”).

Тобто, в СВК має бути інтегрований цикл PDCA Демінга.

3. Дієвість управлінського контролю щодо виконання персоналом установи своїх службових обов'язків, завдань (планів), вимог законодавства та внутрішніх документів, зокрема щодо функціонування СВК.

Адже не дарма Мінфіном зазначається, що функціонування СВК залежить від персоналу установи, який повинен розуміти свою роль, повноваження, відповідальність, виконувати функції, завдання та вимоги щодо підзвітності, а також усвідомлювати необхідність дотримання етичних стандартів, законодавства з питань запобігання корупції та важливість функціонування СВК [15].

При цьому вважається слушною думка, висвітлена в науковій розробці С. Саченко та Меха Я.В. [22], про те, що дієвість контролю передбачає активний вплив суб'єктів контролю на об'єкти шляхом прийняття ефективних управлінських рішень щодо усунення виявлених недоліків, профілактики та попередження їх в подальшій діяльності.

Тобто, можемо впевнено сказати, що управлінський контроль є компонентом “С” циклу PDCA Демінга для управління.

Як вбачається з вищезначеного, набір критеріїв виміру стану функціонування СВК, сформований на базі положень Основних засад ВК, відповідає підходам до визначення ефективності системи як в теорії систем, так і в теорії організації, а отже ці критерії можна застосовувати для визначення рівня ефективності СВК, тобто рівня (ступеню) набуття цією системою спроможності виконувати покладені на неї функції (функції кожного елементу СВК) для забезпечення досягнення бажаних результатів діяльності установи та законного, ефективного використання наявних для цього ресурсів. Це дасть змогу розширити можливості виявлення та реалізації резервів підвищення ефективності СВК в установах державного сектору, зокрема у МОУ та підпорядкованих установах.

На сьогодні внутрішні аудитори МОУ для оцінювання рівня ефективності СВК в установах МОУ та ЗСУ застосовують Методичні рекомендації з проведення оцінки ефективності СВК [23], розроблені в рамках виконання в НУОУ науково-дослідної роботи “Аудит системи внутрішнього контролю: оцінки, процедури та дослідження” [24]. Згідно цих Методичних рекомендацій рівень ефективності СВК визначається в залежності

від загального балу оцінки ефективності функціонування кожного з елементів СВК.

Однак варто зазначити, що хоча в [23] і декларується про те, що рівень ефективності СВК слід визначати на основі оцінювання трьох компонентів, якими в установі забезпечується функціонування СВК (наведено в табл. 1), проте у моделі оцінювання СВК, що міститься в [23], із вказаних компонентів враховується лише частково перший компонент – в частині вибору критерія відповідності сформованої структури СВК положенням Основних засад ВК.

Беручи до уваги результати проведеного дослідження, модель оцінювання СВК [23] потребує удосконалення шляхом застосування в ній сформульованих вище критеріїв виміру ефективності СВК, що дозволить більш об'єктивно і точно визначати рівень ефективності СВК у МОУ (підпорядкованих МОУ установах) та відповідно розширить можливості виявлення резервів підвищення ефективності СВК.

Крім того, головним методологом акцентується увагу на тому, що основною передумовою для ефективного функціонування СВК є управлінська відповідальність та підзвітність. Під управлінською відповідальністю розуміється “усвідомлення суті та значення необхідності досягнення належного рівня економії, ефективності та результативності відповідно до визначених цілей і завдань; забезпечення достовірної фінансової, статистичної і управлінської звітності; виконання встановлених законодавством норм і правил.” [15]. При цьому підзвітність визначається як процес, за допомогою якого персонал установи несе відповідальність за свої рішення та дії під час виконання своїх службових обов'язків.

Згідно з Основними засадами ВК [7] звітування про функціонування СВК в установі державного сектору є обов'язком кожного керівника такої установи, проте затверджена наказом Мінфіну форма Звіту [25] та запропонований зразок заповнення такої форми Звіту [26] стосується лише центральних органів виконавчої влади (головних розпорядників бюджетних коштів).

З огляду на зазначене, вважається доцільним нормативно урегулювати питання щодо формування та подання звітності про стан функціонування СВК в установах, які входять до системи органу державної влади.

Висновки. Отже, аналіз методичних посібників Мінфіну, як головного методолога з питань ВК та ВА в установах державного сектору, засвідчив, що, не зважаючи на декларування про необхідність постійного оцінювання СВК задля підтримання або підвищення рівня її ефективності, до цих пір на державному рівні не має єдиного загальноприйнятого визначення поняття “рівень ефективності СВК”.

Водночас за результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що стан функціонування СВК передусім має характеризуватися здатністю кожного її складового елементу виконувати покладені на нього функції.

Враховуючи спрямованість співробітництва України та Європейського Союзу в галузі управління державними фінансами на забезпечення розвитку надійності СВК в установах державного сектору, проведене дослідження дозволяє стверджувати, що під рівнем ефективності функціонування СВК має розумітися рівень (ступінь) набуття цією системою спроможності виконувати покладені на неї функції (функції кожного елементу СВК) для забезпечення досягнення бажаних результатів діяльності установи та законного, ефективного використання наявних для цього ресурсів. При цьому рівень ефективності функціонування СВК може визначатися за критеріями, сформульованими в цьому дослідженні, а саме:

- відповідність сформованої структури СВК положенням Основних засад ВК;
- здатність складових елементів СВК виконувати покладені на них функції;
- відповідність організації діяльності кожного працівника установи загальновизнаному циклу ефективної діяльності управління (виконавця) PDCA Демінга;
- дієвість управлінського контролю щодо виконання персоналом установи своїх

службових обов'язків, завдань (планів), вимог законодавства та внутрішніх документів, зокрема щодо функціонування СВК.

Застосування цих критеріїв у запровадженій у МОУ моделі оцінювання ефективності СВК дасть змогу більш об'єктивно і точно визначати рівень ефективності СВК у МОУ (підпорядкованих МОУ установах) та відповідно розширити можливості виявлення резервів підвищення ефективності СВК.

Все це дозволить керівництву МОУ (підпорядкованих МОУ установах) більш оперативно реагувати на недоліки у СВК, сприятиме її удосконаленню, зокрема процесів системи управління, та дасть змогу забезпечити розумну впевненість Міністра оборони України (керівників підпорядкованих МОУ установ) у досягненні бажаних результатів діяльності МОУ (підпорядкованих МОУ установ) відповідно до визначених завдань, функцій, планів в законний та ефективний спосіб.

Крім того, проведений аналіз показав, що потребує нормативно-правового урегулювання на порядок формування та подання звітності про стан функціонування СВК в установах, які входять до системи органу державної влади.

Подальші дослідження, спрямовані на підвищення ефективності СВК у МОУ та підпорядкованих установах, мають зосередитися на вивченні передового досвіду держав – членів Європейського Союзу та НАТО щодо організації та ефективності функціонування СВК.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (Угоду ратифіковано із заявою Законом № 1678-VII від 16.09.2014). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text.

2. Національний стандарт України ДСТУ ISO 9000:2015. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (62656). URL: https://dnaop.com/html/62656/doc%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_ISO_9000_2015.

3. Звіт про результати аудиту ефективності використання коштів державного бюджету, передбачених Міністерству оборони України для придбання речового майна та забезпечення харчування військовослужбовців Збройних Сил України, затверджено рішенням Рахункової палати від 24.10.2023 № 23-2. URL: https://rp.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2023/23-2_2023/Zvit_23-2_2023.pdf.

4. Звіт про результати аудиту ефективності використання бюджетних коштів, виділених Міністерству оборони України на будівництво (придбання) житла для військовослужбовців Збройних Сил України, затверджено рішенням Рахункової палати від 24.05.2022 № 11-2. URL: https://rp.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2022/11-2_2022/Zvit_11-2_2022.pdf.

5. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 № 1805-р “Про схвалення Стратегії реформування системи управління державними фінансами на 2022-2025 роки”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-2021-%D1%80#Text>.

6. Бюджетний кодекс України (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2010, № 50-51, ст. 572) від 08.07.2010 № 2456-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17#Text>.

7. Основні засади здійснення внутрішнього контролю розпорядниками бюджетних коштів, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 12.12.2018 № 1062. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1062-2018-%D0%BF#Text>.

8. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.11.2024 № 1369 “Деякі питання Політики державної власності”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1369-2024-%D0%BF#Text>.

9. Постанова Кабінету Міністрів України від 28.09.2011 № 1001 “Деякі питання здійснення внутрішнього аудиту та утворення підрозділів внутрішнього аудиту”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1001-2011-%D0%BF#Text>.

10. Внутрішній контроль: проблеми інформаційного, організаційного та методологічного розвитку: монографія / С.М. Петренко. Донецьк: “Світ книги”, 2013. 503 с.

11. Внутрішній контроль економічної діяльності промислового підприємства – системний

підхід до розвитку: монографія / В.Ф. Максимова. К.: АВРІО, 2005. 264 с.

12. Внутрішній контроль і аудит в управлінні: практичний посібник / Т.О. Каменська, О.Ю. Редько, Наукова школа аудиту, Національний центр обліку та аудиту. К.: ДП “Інформаційно-аналітичне агентство”, 2015. 375 с.

13. Лойшин А.А. Обґрунтування рекомендацій з оцінки ефективності системи внутрішнього контролю установи Міністерства оборони України: дис. ... д-ра філософії: захищена 16.10.2020; затв. 22.10.2020 / Лойшин Анатолій Анатолійович. К., 2020. 259 с.

14. Слободяник С., Пархоменко П., Деменев О., Ткач І. Концептуальні підходи до формування критеріїв оцінювання ефективності системи внутрішнього контролю в Міністерстві оборони України / Journal of Scientific Papers “Social Development and Security”. 2021.Vol. 11, No. 3. URL: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS>.

15. Посібник з питань організації внутрішнього контролю розпорядниками коштів державного бюджету / Підрозділ з питань гармонізації державного внутрішнього фінансового контролю Міністерства фінансів України. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.

16. Методичні рекомендації з питань організації та здійснення моніторингу системи внутрішнього контролю / Департамент гармонізації державного внутрішнього фінансового контролю Міністерства фінансів України. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.

17. Методичний посібник щодо аспектів управління ризиками, як складової системи внутрішнього контролю у розпорядника бюджетних коштів / Міністерство фінансів України. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.

18. Рекомендації з розробки ключових показників діяльності підрозділу внутрішнього аудиту в державному секторі / Міністерство фінансів України. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.

19. Застосування сучасних інформаційних технологій у науковій діяльності: підручник / О.Й. Мацько, С.А. Микусь, В.Г. Солонніков та ін. К.: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, 2021. 340 с.

20. Теорія організації: підручник. 2-е видання, доповнене й перероблене / Г.Л. Монастирський. Тернопіль: “Крок”, 2019. 368 с.

21. Управление качеством в масштабах компании: становление и этапы развития / Й. Кондо. К.: Издательский дом “АДЕФ-Украина”, 2007. 256 с.

22. Навчальний посібник з дисципліни “Фінансово – господарський контроль” (для студентів всіх форм навчання) / С.І Саченко, Я.В. Мех. Тернопіль: Тернопільський національний економічний університет, 2010. 212 с.

23. Методичні рекомендації з проведення оцінки ефективності системи внутрішнього контролю, затверджені наказом Департаменту внутрішнього аудиту Міністерства оборони України від 25.10.2021 № 43.

24. Аудит системи внутрішнього контролю: оцінки, процедури та дослідження: науково-дослідна робота / Ю.О. Луцик, А.А. Бойко, К.Є. Ульянов та ін. К.: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, 2021. 198 с.

25. Форма Звіту про стан організації та здійснення внутрішнього контролю у розрізі елементів внутрішнього контролю, затверджена наказом Міністерства фінансів України від 19.04.2019 № 160 (у редакції наказу Міністерства фінансів України від 15.08.2023 № 441). URL: https://mof.gov.ua/storage/files/%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7_441.pdf.

26. Зразок форми звіту з урахуванням переліку питань для головних розпорядників коштів державного бюджету та центральних органів виконавчої влади за 2024 рік. URL: https://mof.gov.ua/uk/templates_on_internal_control_and_internal_audit-415.

REFERENCES:

1. Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym Spivtovarystvom z atomnoi enerhii i ikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony (Uhodu ratyfikovano iz zaiavoiu Zakonom № 1678-VII vid 16 veresnia 2014 roku). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text.

2. Natsionalnyi standart Ukrainy DSTU ISO 9000:2015. Systemy upravlinnia yakistiu. Osnovni

- polozhennia ta slovnyk terminiv (62656). URL: https://dnaop.com/html/62656/doc%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_ISO_9000_2015.
3. Zvit pro rezultaty audytu efektyvnosti vykorystannia koshtiv derzhavnoho biudzhetu, peredbachenykh Ministerstvu oborony Ukrainy dlia prydbannia rehovoho maina ta zabezpechennia kharchuvannia viiskovosluzhbovtziv Zbroinykh Syl Ukrainy, zatverdzheno rishenniam Rakhunkovoi palaty vid 24 zhovtnia 2023 roku № 23-2. URL: https://rp.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2023/23-2_2023/Zvit_23-2_2023.pdf.
4. Zvit pro rezultaty audytu efektyvnosti vykorystannia biudzhetykh koshtiv, vydilenykh Ministerstvu oborony Ukrainy na budivnytstvo (prydbannia) zhytla dlia viiskovosluzhbovtziv Zbroinykh Syl Ukrainy, zatverdzheno rishenniam Rakhunkovoi palaty vid 24.05.2022 № 11-2. URL: https://rp.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2022/11-2_2022/Zvit_11-2_2022.pdf.
5. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 29.12.2021 № 1805-r “Pro skhvalennia Stratehii reformuvannia systemy upravlinnia derzhavnymy finansamy na 2022-2025 roky”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-2021-%D1%80#Text>.
6. Biudzhetni kodeks Ukrainy (Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR), 2010, № 50-51, st. 572) vid 08. 07 .2010 № 2456-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17#Text>.
7. Osnovni zasady zdiisnennia vnutrishnoho kontroliu rozporiadnykamy biudzhetykh koshtiv, zatverdzeni postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 12.12.2018 № 1062. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1062-2018-%D0%BF#Text>.
8. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 29 lystopada 2024 roku № 1369 “Deiaki pytannia Polityky derzhavnoi vlasnosti”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1369-2024-%D0%BF#Text>.
9. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 28 veresnia 2011 roku № 1001 “Deiaki pytannia zdiisnennia vnutrishnoho audytu ta utvorennia pidrozdiliv vnutrishnoho audytu”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1001-2011-%D0%BF#Text>.
10. Petrenko, S.M. (2013) “Vnutrishnii kontrol: problemy informatsiinoho, orhanizatsiinoho ta metodolohichnoho rozvytku: monohrafiia” [Internal control: problems of information, organizational and methodological development: monograph], “Svit knyhy”, Donetsk. 503 p.
11. Maksimova, V.F. (2005) “Vnutrishnii kontrol ekonomichnoi diialnosti promysloвого pidpriemstva – systemnyi pidkhid do rozvytku: monohrafiia” [Internal control of the economic activity of an industrial enterprise - a systematic approach to development: monograph], AVRIO, Kyiv. 264 p.
12. Kamenska, T.O. and Redko, O.Iu. “Vnutrishnii kontrol i audyt v upravlinni: praktychnyi posibnyk” (2015) [Internal control and audit in management: a practical guide], Scientific School of Auditing, National Center for Accounting and Auditing, SE “Information and Analytical Agency”, Kyiv. 375 p.
13. Loishyn, A.A. (2020) “Obgruntuvannia rekomendatsii z otsinky efektyvnosti systemy vnutrishnoho kontroliu ustanovy Ministerstva oborony Ukrainy” [Justification of recommendation for the evaluation of the effectiveness of the internal control system of the institution of the Ministry of Defense of Ukraine: dissertation], Kiev, 259 p.
14. Slobodiansky, S., Parkhomenko, P., Demenev, O. and Tkach, I. (2021) “Kontseptualni pidkhody do formuvannia kryteriiv otsiniuvannia efektyvnosti systemy vnutrishnoho kontroliu v Ministerstvi oborony Ukrainy” [Conceptual approaches to the formation of criteria for assessing the effectiveness of the internal control system in the Ministry of Defense of Ukraine], Journal of Scientific Papers “Social Development and Security”, Vol. 11, No. 3. URL: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS>.
15. Posibnyk z pytan orhanizatsii vnutrishnoho kontroliu rozporiadnykamy koshtiv derzhavnoho biudzhetu [Posibnyk z pytan orhanizatsii vnutrishnoho kontroliu rozporiadnykamy koshtiv derzhavnoho biudzhetu], Department for Harmonization of State Internal Financial Control of the Ministry of Finance of Ukraine. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.
16. Metodychni rekomendatsii z pytan orhanizatsii ta zdiisnennia monitorynhu systemy vnutrishnoho kontroliu [Metodychni rekomendatsii z pytan orhanizatsii ta zdiisnennia monitorynhu systemy vnutrishnoho kontroliu], Department of Harmonization of State Internal Financial Control of the Ministry of Finance of Ukraine. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.
17. Metodychni posibnyk shchodo aspektiv upravlinnia ryzykamy, iak skladovoi systemy vnutrishnoho kontroliu u rozporiadnyka biudzhetykh koshtiv [Metodychni posibnyk shchodo aspektiv upravlinnia ryzykamy, iak skladovoi systemy vnutrishnoho kontroliu u rozporiadnyka biudzhetykh koshtiv], Ministry of Finance of Ukraine. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.

18. Rekomendatsii z rozrobky kliuchovykh pokaznykiv diialnosti pidrozdilu vnutrishnoho audytu v derzhavnomu sektori [Rekomendatsii z rozrobky kliuchovykh pokaznykiv diialnosti pidrozdilu vnutrishnoho audytu v derzhavnomu sektori], Ministry of Finance of Ukraine. URL: <https://mof.gov.ua/uk/rozvitok-derzhavnogo-vnutrishnogo-finansovogo-kontrolju>.
19. Matsko, O.I., Mykus, S.A., Solonnikov, V.H. and others (2021) “Zastosuvannia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii u naukovi diialnosti: pidruchnyk” [Application of modern information technologies in scientific activities: Textbook], Ivan Chernyakhovsky National Defense University of Ukraine, Kyiv, 340 p.
20. Monastyrskiy, H.L. (2019) “Teoriia orhanizatsii: pidruchnyk. 2-e vydannia, dopovnene i pereroblene” [Organization Theory: Textbook. 2nd edition, supplemented and revised], “Krok”, Ternopil. 368 p.
21. Kondo, Io. (2007) “Upravlieniie kachiestvom v masshtabakh kompanii: stanovleniie i etapy razvitiia” [Quality management on a company scale: formation and stages of development], Publishing house “ADEF-Ukraine”, Kyiv, 256 p.
22. Sachenko, S.I. and Mekh Ia.V. “Navchalnyi posibnyk z dystsypliny “Finansovo – hospodarskyi kontrol” (dlia studentiv vsikh form navchannia)” (2010) [Study guide on the discipline “Financial and Economic Control” (for students of all forms of study)], Ternopil National Economic University, Ternopil, 212 p.
23. Metodychni rekomendatsii z provedennia otsinky efektyvnosti systemy vnutrishnoho kontroliu, zatverdzeni nakazom Departamentu vnutrishnoho audytu Ministerstva oborony Ukrainy vid 25.10.2021 № 43.
24. Iu.O. Lutsyk, A.A. Boiko, K.Ie. Ulianov and others (2021) “Audyty systemy vnutrishnoho kontroliu: otsinky, protsedury ta doslidzhennia: naukovy-doslidna robota” [Internal Control System Audit: Assessments, Procedures, and Research: Research and Development Work], Ivan Chernyakhovsky National Defense University of Ukraine, Kyiv, 198 p.
25. Forma Zvitu pro stan orhanizatsii ta zdiisnennia vnutrishnoho kontroliu u rozrizi elementiv vnutrishnoho kontroliu, zatverdzhena nakazom Ministerstva finansiv Ukrainy vid 19.04.2019 № 160 (u redatsii nakazu Ministerstva finansiv Ukrainy vid 15.08.2023 № 441). URL: https://mof.gov.ua/storage/files/%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7_441.pdf.
26. Zrazok formy zvituvannia z urakhuvanniam pereliku pytan dlia holovnykh rozporiadnykiv koshtiv derzhavnoho biudzhetu ta tsentralnykh orhaniv vykonavchoi vlady za 2024 rik. URL: https://mof.gov.ua/uk/templates_on_internal_control_and_internal_audit-415.

Boiko A.A. (HYOV)

FORMATION OF CRITERIA FOR MEASURING THE LEVEL OF EFFECTIVENESS OF THE INTERNAL CONTROL SYSTEM IN THE MINISTRY OF DEFENSE OF UKRAINE AND SUBORDINATED INSTITUTIONS

Acquiring full membership in the European Union, which is a priority of Ukraine's national interests, requires ensuring the functioning of a reliable internal control system (ICS) in the public sector institutions of Ukraine. Increasing the effectiveness of internal control (IC) and internal audit (IA) in state bodies of Ukraine is defined as a strategic aim in the system of state internal financial control. In order to identify and implement opportunities for increasing the effectiveness of the ICS, in particular in the Ministry of Defense of Ukraine (MOD) and subordinate institutions, there is a need to determine the levels of ICS effectiveness.

The relevance of this study is due to the lack of unified approaches at the state level to characterizing the levels of effectiveness of the ICS and choosing the criteria for their measurement, as well as the presence of significant problems in the organization and functioning of the ICS in the MOD and in military command bodies, military units, institutions of the Armed Forces of Ukraine, and the State Special Transport Service, which are part of the MOD system.

The article highlights the provisions of the domestic methodological framework for the organization and functioning of the IC and IA, the analysis of which has established that the state of the functioning of the ICS should primarily be characterized by the ability of each of its constituent elements to perform the functions assigned to it. Approaches to determining the

effectiveness of systems in the theory of systems and in the theory of organization are considered, which made it possible to characterize the level of effectiveness of the functioning of the ICS as the degree to which this system acquires the capability to perform the functions assigned to it to achieve its aim.

Special attention in the study is paid to the components that should ensure the functioning of the ICS in the institution, since they serve as the basis for forming criteria by which the level of effectiveness of the ICS can be measured.

The methodological basis of the study is the methods of system analysis, methods of generalization, comparison, analogy and synthesis, with the help of which a general characteristic of the state of functioning of the ICS in public sector institutions were determined, a general definition of the concept of “level of ICS effectiveness” was given and criteria for its measurement were formed.

The conducted research contributes to expanding the scientific understanding of the issue of the effectiveness of the functioning of the ICS in public sector institutions. The set of criteria for measuring the level of ICS effectiveness defined in this work can be used to improve the ICS effectiveness assessment model implemented in the MOD, which will allow to more objectively and accurately determine the level of ICS effectiveness in the MOD (institutions subordinate to the MOD) and, accordingly, will expand the possibilities of identifying reserves for increasing the effectiveness of the ICS, and will enable for a prompt response to shortcomings in the ICS, in particular in the processes of the management system.

In addition, the article emphasizes the need for regulatory and legal regulation of the procedure for forming and submitting reports on the status of the functioning of the ICS in institutions that are part of the system of a state authority.

Future research will be aimed at studying the best practices of the European Union and NATO member states regarding the organization and effectiveness of the functioning of the ICS, which can be taken into account when formulating recommendations for improving the effectiveness of internal control in the MOD system.

Keywords: internal control system, internal control, internal audit, effectiveness, capability, public sector institutions, Ministry of Defense of Ukraine.

ГРОШОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ США У ПІВДЕННОМУ В'ЄТНАМІ (1965-1973)

Одним із недостатньо вивчених аспектів економічної історії є тема грошового обігу в умовах збройних конфліктів. Його особливістю є використання воєнних грошей та їх різновиду – армійських грошей, тобто грошових знаків, призначених для внутрішнього обігу серед військовослужбовців діючих армій на території інших країн. Метою статті є дослідження організації грошового забезпечення військовослужбовців збройних сил США та його особливостей на території Республіки В'єтнам протягом 1965-1973 років. У статті виконуються наступні завдання: визначення особливостей американських армійських грошей; характеристика організації виплати грошового забезпечення американським військовослужбовцям у Південному В'єтнамі; виявлення проблемних аспектів використання військових платіжних сертифікатів США на території Республіки В'єтнам. Проведене дослідження дозволило з'ясувати, що задля попередження потрапляння до грошового обігу Республіки В'єтнам доларів США під час Другої війни в Індокитаї на території Південного В'єтнаму грошове забезпечення військовослужбовців збройних сил США здійснювалося військовими платіжними сертифікатами, що мало на меті уникнути інфляційного впливу надлишкової грошової маси на економіку США. Для налагодження процесу виплат був використаний досвід застосування військових платіжних сертифікатів, набутий з 1946 року у Західній Європі, Північній Африці та на Далекому Сході. Фінансові служби збройних сил США зіткнулися з багатьма труднощами при організації процесу виплати грошового забезпечення військовослужбовцям. Найбільшою проблемою фінансових служб збройних сил США у В'єтнамі була значна залученість американських військовослужбовців до незаконного обігу військових сертифікатів, яка протягом війни повністю вирішена не була.

Ключові слова: грошове забезпечення, збройні сили США, Південний В'єтнам, Республіка В'єтнам, фінансовий корпус армії США, військовий платіжний сертифікат.

Вступ та постановка проблеми. Друга війна в Індокитаї була найбільшим військовим конфліктом другої половини ХХ століття. Спочатку правлячими колами США конфлікт в Індокитаї розглядався як варіант недовготривалої переможної війни. Але опір Демократичної Республіки В'єтнам і В'єтконгу зростав, що призвело до ескалації військової участі США у В'єтнамській війні, яка досягла свого піку у 1965-1973 роках. Перебування значної кількості військовослужбовців на території Південного В'єтнаму поставило перед американським урядом завдання їхнього грошового забезпечення. Війна у В'єтнамі відрізнялася від попереднього досвіду тим, що поряд з величезною кількістю солдат і підрозділів, розміщених на значній території, тут була фактично відсутня лінія фронту, оскільки війна мала переважно партизанський характер.

Унікальний досвід грошового забезпечення військовослужбовців США у В'єтнамі цікавий як з точки зору військової історії, так й економічної історії та військових фінансів. З огляду на непевність військово-політичної ситуації у сучасному світі, ця тема є актуальною не лише з наукової, а й з практичної точки зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окремі аспекти використання військових платіжних сертифікатів США висвітлені у роботі Б.В. Сенілова [1]. Віддаючи належне теоретичному обґрунтуванню суті армійських грошей, використання військових сертифікатів збройними силами США у В'єтнамі автором трактується у світлі радянських ідеологічних настанов. Зокрема, враховуючи норми законодавства США та публікації американських дослідників, не можна погодитися з тезою Б.В. Сенілова про те, що США

шляхом використання військових сертифікатів намагалися перекласти значну частину тягара воєнних видатків на плечі народів підкорених і залежних країн.

Значно ґрунтовніше тема знайшла своє відображення в американській історіографії. Питанням, пов'язаним з роботою фінансових служб армії США у В'єтнамі, присвячені праці Л.Б. Тейлора [2], Дж.Р. Ескріджа [3], Л.О. Спенсера [4]. Соціально-побутові аспекти оплати праці американських військовослужбовців у В'єтнамі висвітлюються у працях Дж. Е. Вестхейдера [5], П. Брайсона [6], Р. Боуза [7] та інших. Найвагомішими працями щодо порушень у фінансовій сфері видаються доробки Г.С. Прага [8], Дж.Ф. Адамса [9], Хелен Нгуєн Фо [10]. Остання висновує зв'язок між незаконним обігом військових платіжних сертифікатів та розгортанням соціально-економічної кризи у Республіці В'єтнам. Окремо слід виділити "Комплексний каталог військових платіжних сертифікатів" Ф. Швана [11]. Це не лише збірник деталізованої інформації про платіжні засоби армії США, а й збірник статей, присвячений їх використанню, зокрема під час війни у В'єтнамі. Корисними у дослідженні є також й інші спеціалізовані нумізматичні каталоги [12; 13].

Метою статті є дослідження організації грошового забезпечення військовослужбовців збройних сил США та його особливостей на території Республіки В'єтнам протягом 1965-1973 років.

Виклад основного матеріалу. Залучення США до військового конфлікту в Індокитаї поступово зростала з 1954 року, коли у Республіці В'єтнам з'явилися перші американські військові радники [14]. За президента Дж. Кеннеді їх кількість складала 160000 і вони брали безпосередню участь у боєзйткненнях з В'єтконгом [15]. Після прийняття 7 серпня 1964 року Конгресом США "Тонкінської" резолюції, 7 лютого 1965 року військово-повітряні сили США розпочали систематичне бомбардування території Північного В'єтнаму, а з квітня цього року південніше 17-ої паралелі у бойові дії вступили морська піхота, повітрянодесантні та сухопутні війська США. Опір комуністів призвів до ескалації військової участі США у В'єтнамській війні. З 181000 у грудні 1965 року кількість американських військовослужбовців у Південному В'єтнамі досягла максимуму у квітні 1969 року – 543482 особи. Надалі чисельність американського контингенту у країні поступово зменшувалася [15].

Для налагодження виплати грошового забезпечення військовому контингенту та обслуговуючому цивільному персоналу США у Південному В'єтнамі з 31 серпня 1965 року було запроваджено використання військових платіжних сертифікатів. До того часу у В'єтнамі діяв ліміт платежів у доларах США [3]. Збройні сили США використовували військові платіжні сертифікати з 1946 року у Західній Європі, Північній Африці та Далекому Сході.

Військовий платіжний сертифікат (ВПС, *англ. MPC – Military Payment Certificate*) – офіційний засіб платежу, випущений у доларах та центах США, що використовувалися у військових установах США, розміщених за кордоном [16]. Американські солдати називали їх "смішні гроші" або "гроші монополії" [10].

Цілями використання ВПС було попередження потрапляння валюти США у руки ворога; недопущення порушення суверенних прав держав, де розміщуються військові контингенти США, у галузі грошового обігу; обмеження потрапляння доларів США в обіг країни, де перебувають їх війська [17]. Останнє було головною причиною запровадження ВПС, оскільки було очевидно, що міцний долар США може замінити слабкі національні валюти країн, де перебували значні контингенти американських військ.

Правила використання ВПС передбачали їх використання лише Міністерством оборони через уповноважений персонал у країні чи її частині, офіційно визначений як ВПС-територія (*англ. MPC-Area*). Уповноваженим персоналом вважалися особи, яким надавали право купувати товари та послуги у військових установах США, розміщених на ВПС-території [16]. Неуповноважений персонал, тобто представники місцевого населення, які працювали на американських базах, отримували платню місцевою валютою, яку

американські фінансові служби спеціально для цього обмінювали у банківських установах [4].

На ВПС-території сертифікати були єдиним офіційним засобом платежу в усіх установах сухопутних, військово-повітряних та військово-морських сил США, включаючи заклади торгівлі та побутового обслуговування, розважальні заклади, поштові перекази та благодійні внески, а також усі платежі, що направлялися в інші країни чи території, у тому числі і до Сполучених Штатів. Але вони не могли бути використані для розрахунків з місцевими неуповноваженими установами та місцевим населенням [16]. Персонал, який мав потребу у місцевій валюті, міг обміняти на неї військові сертифікати в офіційних обмінних пунктах збройних сил США [8].

Хоча в правилах використання ВПС встановлювалася норма, що вони можуть використовуватися лише американським уповноваженим персоналом, ВПС користувалися не лише американські військовослужбовці, а й їхні союзники. З метою подолання громадської думки, що війна у В'єтнамі є американським втручанням у справи Азії, урядом США було докладено значних зусиль по залученню до участі у конфлікті інших країн, особливо азійсько-тихоокеанського регіону. Зрештою, на допомогу Південному В'єтнаму направили свої військові контингенти члени Договору Південно-Східно-Азійського Договору: Південна Корея, Філіппіни, Тайвань, Австралія, Нова Зеландія (з 1964 року) та Таїланд (з 1965 року), а також Іспанія [18].

Згідно з низкою угод військові сертифікати США у В'єтнамі використовували австралійські, новозеландські, філіппінські, корейські і тайські війська [11]. Хоча це й не розголошувалося на широкий загал, Сполучені Штати фактично утримували союзні контингенти у Південному В'єтнамі, постачаючи їм не лише озброєння та спорядження, а й здійснюючи виплати їх військовослужбовцям [19].

Задля попередження потрапляння ВПС на чорний ринок країни, де перебували військові США, вони випускалися тимчасовими серіями, які періодично обмінювалися. У визначений термін, що тримався у таємниці (День обміну, *англ. C-Day, Conversation Day*), сертифікати обмінювалися на банкноти нової серії. Перед оголошенням Дня обміну доступ на військові бази для неуповноваженого персоналу закривався. У C-Day, який оголошувався безпосередньо у цей день, особовий склад військової частини шикувався для обміну ВПС. Для обміну кожен з уповноваженого персоналу викликався лише один раз. Неуповноважений персонал, якщо мав сертифікати, обміняти їх не міг і таким чином залишався зі знеціненим папером [16]. Щоправда, військовослужбовці, які не обміняли ВПС у день обміну, могли це зробити протягом 30 днів після дня обміну після заповнення відповідної форми з поясненням причин, яку розглядали офіцери фінансової служби і приймали рішення про задоволення прохання про обмін чи, навпаки, відмову [4; 20]. Правила використання ВПС передбачали, що сертифікати, придбані у незаконний спосіб, мають бути конфісковані [17].

Обмін дійсних ВПС на долари США чи іншу валюту був дозволений лише для уповноваженого персоналу за умови, що вони були отримані законно і лише при відправленні до США чи на інші ВПС-території, де обмін був неможливим [16]. Слід зазначити, що з усіх 13 випущених серій ВПС у Південному В'єтнамі використовувалися чотири: 641 (зі строком дії з 31.08.1965 по 21.10.1968), 661 (21.10.1968-11.08.1969), 681 (11.08.1969-07.10.1970) та 692 (з 07.10.1970 до 01.06.1971 для розмінних номіналів та до 17.03.1973 для доларових). Якщо попередні серії ВПС використовувалися у кількох країнах одночасно, серії сертифікатів, які були в обігу у Південному В'єтнамі, були призначені для використання виключно на території цієї країни [11].

Розмір грошового забезпечення військовослужбовців збройних сил США різнився залежно від військового звання, стажу служби, виконання різного виду складності і небезпеки завдань, участі у бойових діях тощо. У 1964 році рядовий першого класу армії США отримував близько 60 доларів на тиждень. Звання спеціаліста, яке більшість

військовослужбовців могли сподіватися отримати за три роки, оплачувалося 75 доларами на тиждень, без жодних витрат на їжу, одяг, медичне обслуговування чи житло. Одружені військовослужбовці мали право на додаткові пільги. Служба в елітних підрозділах, таких як десантники, могла додати ще 55 доларів на місяць у вигляді оплати за стрибки. Службовий тур у В'єтнамі означав особливу оплату праці та привілеї, такі як 65 доларів США на місяць за участь у бойових діях, безкоштовну пошту, відсутність митних зборів на покупки вартістю менше 50 доларів і відсутність податків на будь-яку особливу винагороду. Офіцери отримували те саме плюс 500 доларів США на місяць без сплати податків. З урахуванням офіцерів і рядового складу середня зарплата у батальйоні становила близько 10 тисяч доларів на рік, тоді як середній дохід середньої сім'ї у США становив 8274 долари на рік [5].

Організацію грошового забезпечення військовослужбовців здійснював Фінансовий корпус армії США. Підрозділами фінкорпусу, які займалися виплатою грошового забезпечення, були відділи фінансів дивізій (*англ. - Division Finance Sections, DFS*) і відділи фінансових виплат (*англ. - Finance Disbursing Sections, FDS*). Відмінність між FDS і DFS полягала у тому, що завданням DFS було обслуговування військовослужбовців дивізій, тоді як FDS створювалися для надання фінансових послуг на територіальній основі недивізійним елементам польової армії, спеціальним силам, підрозділам зв'язку тощо. Кожна фінансова секція мала обслуговувати приблизно 10000 солдат, за фактом виходило більше. Спочатку чисельність секції становила 30 солдат, згодом була збільшена до 54 [3]. Фінансові послуги включали: обробку документів на аліменти, обчислення та виплату заробітної плати та надбавок, обробку та виплату компенсацій за подорожі, обмін іноземної валюти на долари США та/або ВПС, а також виконання фінансування в районі, коли це було доручено.

Фінансові офіцери зіткнулися у В'єтнамі зі значною кількістю проблем. Зокрема, вони нарікали на відсутність прийнятних соціально-побутових умов та матеріальної бази для здійснення фінансових операцій; недостатню підготовку до служби у В'єтнамі; відсутність встановлених вимог та інструкцій для роботи на території військових дій, які доводилося писати самостійно по ходу роботи; недостатній рівень забезпечення охорони матеріальних цінностей [2; 4]. Солдати фінансових відділів у деяких підрозділах повинні були працювати як теслі, електрики, кухарі, охоронці периметра, вони навіть проводили патрулювання із засідок. Їм доводилося зводити намети, будувати душові та вигрібні канами, водночас виконуючи фінансову місію [3].

Значною проблемою у роботі фінансових служб були кліматичні умови В'єтнаму. Через високу вологість ставали непридатними для використання бланки і копіювальні матеріали, а також обладнання. Під час спекотної та сухої пори року через пил машини потрібно було щодня чистити та накривати. Під час сезону дощів машини та металеві предмети потрібно було зберігати в транспортних чохлах, щоб запобігти іржавінню через вологість. Крім того, коливання потужності часто призводили до непридатності машин у критичні моменти [3].

Основною одиницею фінансових підрозділів, яка безпосередньо обслуговувала солдат, був агент класу А. Агенти здійснювали виплати, обмін валют і допомагали солдатам заповнювати форми скарг на оплату праці, якщо у них виникали проблеми з оплатою праці або вони бажали змінити платню. Складність роботи агента залежала від того, де перебували його солдати. У підрозділах, де солдати були розосереджені, агенту потрібно було кілька днів, щоб розрахуватися з ними [3]. У таких випадках могли відправлятися фінансові групи, у деяких підрозділах цю послугу міг замовити командир батальйону. По суті, невелика фінансова команда вирушала до війська і намагалася вирішити проблеми з оплатою праці на місці.

Готівка у Південний В'єтнам завозилася з Окінави, Японія. Відправними точками фінансування армії були Нячанг, Куїньон і Сайгон. Ці міста було обрано через розташування зон матеріально-технічної підтримки, крім цього, війська розташовувалися концентричними колами навколо цих областей. Тому фінансовим відділам часто доводилося

долати сотні миль, щоб забрати кошти, а потім передати ці кошти агентам класу А, які, у свою чергу, долали сотні миль, щоб заплатити солдатам [3]. У В'єтнамі звичайною практикою доставки грошей для виплати зарплати стало використання гелікоптерів [11].

В'єтнамська війна для збройних сил США була унікальною тим, що вони використовували стратегію “базового табору”, тобто війська розгорталися для виконання певних місій, а потім поверталися до свого базового табору. Оскільки більшість таких таборів були розташовані поблизу міст Південного В'єтнаму та містили повний набір побутових послуг і відпочинку, день виплати зарплати був популярним часом місяця. Це спонукало командирів забезпечити своєчасну та повну оплату військам у польових умовах [3].

Військовослужбовці могли скористатися послугами The Bank of America та The Chase Manhattan, які були військовими банківськими установами у Республіці В'єтнам. Банки пропонували персональні банківські рахунки без комісії за обслуговування, а також надавали всі інші стандартні банківські послуги, за винятком особистих позик. Банки сплачували відсотки за поточними рахунками за ставкою 5% річних, що обчислювалися щокварталу від мінімального залишку на рахунок, якщо залишок не опускався нижче 100 доларів США протягом кварталу. Також можна було скористатися послугою “банк поштою”, яка передбачала відкриття рахунків поштою для перерахування щомісячної зарплати [21].

Попри суворий контроль американського командування за обігом військових сертифікатів, вони все ж потрапляли і до південнов'єтнамців. Американські солдати і офіцери часто розплачувалися сертифікатами з місцевим населенням за товари та послуги. Перший обмін ВПС 1968 року виявив, що майже 6,229 млн. доларів не були обміняні, переважно залишившись у неуповноваженого персоналу [8]. Під час третього обміну у жовтні 1970 року не було обміняно близько 25% ВПС [20].

Серед місцевого населення масово поширилася спекуляція сертифікатами. Навколо американських військових частин навіть виникали великі в'єтнамські поселення, головним заняттям мешканців яких була спекуляція американськими товарами, що незаконно потрапляли за межі військових баз [5]. Очевидно, головною причиною цього було те, що ризик для місцевого населення залишитися після C-Day зі знеціненим папером компенсувався прибутком від оборудок з сертифікатами, який вони встигали отримати протягом періоду дії тієї чи іншої серії. За свідченнями очевидців, не зважаючи на те, що анонс випуску нової серії ВПС передавався секретним повідомленням, деякі місцеві в'єтнамські покоївки знали про прийдешній день обміну принаймні за тиждень до цього [4].

Хоча американські офіційні особи закликали солдатів захищати економіку як Південного В'єтнаму, так і США, а також проявляти моральну стриманість щодо торгівлі на чорному ринку, американські військовослужбовці та цивільні були масово залучені до спекуляцій. Наприклад, у 1970 році GI міг отримати поштою з США купюру в 100 доларів, яку в місті міг обміняти на 180 доларів ВПС, а потім поміняти ВПС на південно-в'єтнамські донги (американці називали їх піастрами) за курсом, що втричі перевищував офіційний [6; 22]. Це створювало величезний стимул для незаконних оборудок з ВПС. Також військовослужбовці часто погоджувалися на прохання в'єтнамців за винагороду купити в РХ (англ. – *Post Exchange* – *пункти роздрібної торгівлі споживчими товарами для військовослужбовців*, у *військово-повітряних та військово-морських силах називалися Base Exchange*) товари, які серед місцевих вважалися розкішшю (віскі, пиво, сигарети, джинси, фото- та аудіоапаратура, інша побутова техніка тощо) і продавалися потім на чорному ринку зі значною націнкою. ВПС, за які здійснювалися покупки, були отримані незаконно [11; 23]. Непоодинокими були випадки, коли американські солдати, користуючись можливістю з поважних причин обміняти сертифікати пізніше офіційного дня обміну, скуповували ВПС у місцевого населення, щоб обміняти їх на банкноти нової серії. Такі пояснення, як “гроші знайдено в гаманці після С-дня”, “гроші були залишені у старій куртці”, “гроші було

знайдено у папці записів”, небезпідставно викликали підозри з боку фінансових контролюючих органів, що ці сертифікати були отримані на чорному ринку вже після дня обміну [20].

Отже, значне поширення незаконних валютних операцій з боку американських військовослужбовців пояснювалося у першу чергу тим, що спокуса легкого заробітку, у якому були зацікавлені солдати, постійно підживлювалася з боку місцевого населення, яке мусило шукати додаткові джерела прибутку на фоні бідності, нестабільності та корупції, які панували у Республіці В’єтнам. Крім цього, отримання екстра грошей слугувало своєрідною компенсацією постійного ризику життям на війні. Зрештою, незаконні оборудки військовослужбовців, засновані на різниці офіційного обмінного курсу та курсу чорного ринку, були складовою значно більших корупційних практик. Солдати виступали лише ланкою, яка забезпечувала доступ кримінальним структурам до американської валюти, офіційно забороненої до обігу на території Південного В’єтнаму [24].

Уряд США непокоїли масштаби корупції у Південному В’єтнамі, тому він намагався посилити заходи контролю за обігом ВПС. З цією метою була запроваджена Система контролю валюти та чорного ринку Командування з надання військової допомоги В’єтнаму (англ. – *MACV Currency and Black Market Control System, CABOTS*). Для ефективного моніторингу та контролю за фінансовими транзакціями – конвертацією ВПС у долари США або доларові інструменти, такі як дорожні чеки, грошові перекази, банківські депозити тощо, військове командування США розробило та впровадило автоматизовану систему, яка дозволяла ідентифікувати кожну особу у В’єтнамі, що мала право здійснювати контрольовані транзакції ВПС. Кожному військовослужбовцю була видана рельєфна пластикова валютна контрольна картка, яку слід було обов’язково пред’являти щоразу, коли здійснювалася контрольована операція. Клерк конкретного закладу використовував картку для підготовки звіту про транзакцію з контрольованою валютою, який містив усю відповідну інформацію про її здійснення. Заповнені форми передавалися до центру обробки даних у Сайгоні та оброблялися за допомогою оптичного зчитувача символів для оновлення файлів валютних операцій фізичних осіб. Файли періодично перевірялися за допомогою комп’ютера і створювалися звіти про осіб, чиї операції перевищували запрограмовані порогові значення. Ці потенційні списки порушників направлялися до відповідних слідчих органів для подальших дій. CABOTS значно скоротила оборудки американських солдат з різного виду валютними транзакціями [9].

Висновки. Розгортання значного американського військового контингенту на території Республіки В’єтнам поставило перед урядом США задачу організацію грошового забезпечення своїх військовослужбовців в умовах бойових дій. З цією метою було використано попередній досвід використання військових платіжних сертифікатів, набутий з у Західній Європі, Північній Африці та на Далекому Сході. Головною причиною запровадження ВПС було обмеження потрапляння доларів США в обіг на території Південного В’єтнаму, що нанесло б шкоду як економіці цієї країни, так і Сполучених Штатів.

Правила використання ВПС суворо регламентували їх використання виключно американським військовим та цивільним персоналом. З цією метою протягом війни кілька разів здійснювався обмін ВПС на банкноти нового зразка, що залишало осіб, неуповноважених їх використовувати, зі знеціненим папером. Кожного разу сума необмінаних ВПС була значною, навіть з урахуванням залишення сертифікатів у якості сувенірів, їх втрати тощо. Це свідчить не лише про факт незаконних оборудок з ВПС, а й про досягнення мети обміну – позбавлення грошового обігу надлишкової грошової маси, яка обслуговувала економіку Республіки В’єтнам і мала інфляційний вплив на економіку США.

Фінансові служби збройних сил США під час роботи у Південному В’єтнамі зіткнулися з низкою труднощів організаційного та технічного характеру. Найбільшою проблемою була значна залученість американських військовослужбовців до незаконного

обігу ВПС. Чорний ринок американської валюти, офіційно забороненої до обігу на території Республіки В'єтнам, негативно впливав не лише на економіку США, морально-психологічний стан військ, а й на криміногенну обстановку у цій країні, де корупція стала фундаментальною проблемою.

Дії командування американських військ у В'єтнамі та фінансових служб щодо попередження незаконних операцій з ВПС мало три складових. По-перше, припинення розрахунків військовослужбовців ВПС з місцевим населенням. Це фактично обмежувалося апелюванням до моралі солдат не наносити шкоди економіці Південного В'єтнаму і США та пропозицією зараховувати заробітну плату на особисті депозитні рахунки. На використання ВПС у розрахунках з місцевим населенням командування фактично дивилося "крізь пальці". По-друге, значно більшої ваги надавалося обміну ВПС на банкноти нових серій. Фінансові служби вважали, що наявність значних сум ВПС на руках у неуповноваженого персоналу після днів обміну свідчить про те, що сертифікати виконують свою головну функцію – відрізати місцевий грошовий ринок від доларових інструментів. По-третє, запровадження валютних контрольних карток значно скоротило оборудки американських солдат з різного виду валютними трансакціями.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сенилов Б.В. Военные деньги второй мировой войны. Москва: Финансы и статистика, 1991. 125 с.
2. Taylor L. Financial Management of the Vietnam Conflict 1962-1972. Washington, DC: Department of the Army, 1974. 109 p. URL : https://books.google.com.ua/books?id=_HluAAAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=uk#v=onepage&q&f=false (accessed 02.04.2025).
3. Eskridge J.R. An Analysis of Finance Operations from World War II to the Vietnam Conflict - Was Any Progress Made? A thesis presented to the Faculty of the U.S. Army Command and General Staff College in partial fulfillment of the requirements for the degree master of military art and science. Fort Leavenworth, 1990, 92 p. URL : <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA228006.pdf> (accessed 02.04.2025).
4. Spencer L.O. The Green Eyeshades of War. An Examination of Financial Management during War. Maxwell Air Force Base, Alabama: Air University Press; Air Force Research Institute, 2016. 84 p. URL : <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1122900.pdf> (accessed 02.04.2025).
5. Westheider J.E. The Vietnam War. Westport, Connecticut: Greenwood Press, 2007. 248 p. URL : <http://www.macropolis.org/boxmacr/usadue/vietwar2.pdf> (accessed 02.04.2025).
6. Bryson P. Military Payment Certificates. MPC. *Roots and Branches*. Lincoln : Logan County Genealogical & Historical Society, 2009. P. 65-66. URL : <https://www.logancoil-genhist.org/Publications/ROOTS%20&%20BRANCHES%201979%202018%20WITH%20INDEX/2009.pdf> (accessed 02.04.2025).
7. Bows R.A. Vietnam: Military Lore 1959-1973 ...Another Way To Remember. Hanover: Bows & Sons Pub., 1988. 720 p.
8. Prugh G.S. Law at War: Vietnam 1964-1973. Washington, Department of the Army, 1975. 161 p. URL : <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1117050.pdf> (accessed 02.04.2025).
9. Adams J.F. U.S. Military Currency Control Operations in the Vietnam War. US Army War College Individual Research Based Essay, 1982. 206 p. URL : <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA116198.pdf> (accessed 02.04.2025).
10. Helen Nguyen Pho. The Unraveling of South Vietnam: Inflation, Corruption, and the American Military Presence, 1965-1975. Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. Austin : The University of Texas, 2015. 371 p. URL : <https://core.ac.uk/download/pdf/211351061.pdf> (accessed 02.04.2025).
11. Schwan F. Comprehensive Catalog of Military Payment Certificates. Port Clinton: BNR Press, 2002. 400 p.
12. Bows R.A. U.S. & Allied Military Tokens of Vietnam. 1962-1973. Tacoma: Bows & Mallett Rare Coins, 1983. 80 p.
13. Valota M. Viet-Nam Coins and Papermoney. Massimiliano VALOTA, 2015. 349 p.

14. Spector R.H. Advice and Support: The Early Years. 1941-1960. Washington, D.C.: Center of Military History United States Army, 1985. 391 p. URL : https://history.army.mil/Portals/143/Images/Publications/Publication%20By%20Title%20Images/A%20Titles%20PDF/CMH_Pub_91-1-pdf?ver=1VpNurHRrLylv_jMIseBw%3d%3d (accessed 02.04.2025).
15. Willbanks, J.H. Vietnam : the Course of a Conflict. Fort Leavenworth, Kansas : Army University Press, 2018. 313 p. URL : <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7ZResearch-and-Books/Archives/2018/PDF/October-2018-Vietnam-TheCourseOfAConflict.pdf> (accessed 02.04.2025).
16. Code of Federal Regulation. Title 32. National Defense. Parts 400 to 629. Washington: US Government Printing Office, 1999. 644 p. URL : <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-1999-title32-vol3/pdf/CFR-1999-title32-vol3.pdf> (accessed 02.04.2025).
17. Cancellation of DOD 7000. 14-R, Volume 5, Chapter 17 “Military Payment Certificates”. URL: https://comptroller.defense.gov/Portals/45/documents/fmr/archive/05arch/05_17d.pdf (accessed 02.04.2025).
18. Larsen S.R., Collins J.L.Jr. Allied Participation in Vietnam. Washington, D.C. Department of the Army, 1985. 189 p. URL https://www.history.army.mil/html/books/090/90-5-1/CMH_Pub_90-1.pdf (accessed 02.04.2025).
19. Breuker R. Korea’s Forgotten War: Appropriating and Subverting the Vietnam War in Korean Popular Imaginings. *Korean Histories*. 2009. №1. URL : https://www.academia.edu/5096667/Koreas_Forgotten_War (accessed 02.04.2025).
20. Summary of GAO Findings Concerning the Management of Military Payment Certificates in Korea and Vietnam. URL : <https://www.gao.gov/assets/b-146749.pdf> (accessed 02.04.2025).
21. Helpful Hints for Personnel Ordered to Vietnam. Washington, D.C.: Headquarters, Department of the Army, 1968. 37 p. URL : <http://2-14th.com/Vietnam/Archives/Publications/Booklets/1968%20Helpful%20Hints%20for%20Personnel%20Ordered%20to%20Vietnam%20d8582.pdf> (accessed 02.04.2025).
22. Donald M. Bishop. Interviewed by: Charles Stewart Kennedy. Initial interview date: September 14, 2010. 513 p. URL : <https://adst.org/OH%20TOCs/Bishop-Donald-Michael1.pdf> (accessed 02.04.2025).
23. South Viet Nam: Soul Alley. *TIME*. Desember 14, 1970. URL : <https://time.com/archive/6877305/south-viet-nam-soul-alley/> (accessed 02.04.2025).
24. Хейстингс М. Вьетнам. История трагедии. 1945-1975. Москва: Альпина нон-фикшн, 2021. 868 с.

REFERENCES:

1. Senilov, B.V. (1991), “Voennye den’gi vtoroj mirovoj vojny” [War Money of World War 2], *Finansy i statistika*, Moskva, 125 p.
2. Taylor, L. (1974), “Financial Management of the Vietnam Conflict 1962-1972”, Department of the Army, Washington, DC, 109 p, https://books.google.com.ua/books?id=_HluAAAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=uk#v=onepage&q&f=false (accessed 02.04.2025).
3. Eskridge, J.R. (1990), “An Analysis of Finance Operations from World War II to the Vietnam Conflict - Was Any Progress Made?” A thesis presented to the Faculty of the U.S. Army Command and General Staff College in partial fulfillment of the requirements for the degree master of military art and science, Fort Leavenworth, 92 p, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA228006.pdf> (accessed 02.04.2025).
4. Spencer, L.O. (2016), “The Green Eyeshades of War. An Examination of Financial Management during War”, Air University Press; Air Force Research Institute, Maxwell Air Force Base, Alabama, 84 p, <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1122900.pdf> (accessed 02.04.2025).
5. Westheider, J.E. (2007), “The Vietnam War”, Greenwood Press, Westport, Connecticut, 248 p, www.macropolis.org/boxmacr/usadue/vietwar2.pdf (accessed 02.04.2025).
6. Bryson, P. (2009), “Military Payment Certificates. MPC”, *Roots and Branches*, Logan County Genealogical & Historical Society, Lincoln, pp. 65-66, www.logancoil-genhist.org/Publications/ROOTS%20&%20BRANCHES%201979%202018%20WITH%20INDEX/2009.pdf (accessed 02.04.2025).
7. Bows, R.A. (1988), “Vietnam: Military Lore 1959-1973 ...Another Way To Remember”, Bows & Sons Pub., Hanover, 720 p.
8. Prugh, G.S. (1975), “Law at War: Vietnam 1964-1973”, Department of the Army, Washington, 161 p, <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1117050.pdf> (accessed 02.04.2025).
9. Adams, J.F. (1982), “U.S. Military Currency Control Operations in the Vietnam War”, US Army War College Individual Research Based Essay, 206 p, <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA116198.pdf> (accessed 02.04.2025).

10. Helen Nguyen Pho (2015), "The Unraveling of South Vietnam: Inflation, Corruption, and the American Military Presence, 1965-1975", Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, The University of Texas, Austin, 371 p, <https://core.ac.uk/download/pdf/211351061.pdf> (accessed 02.04.2025).
11. Schwan, F. (2002), "Comprehensive Catalog of Military Payment Certificates", BNR Press, Port Clinton, 400 p.
12. Bows, R.A. (1983), "U.S. & Allied Military Tokens of Vietnam. 1962-1973", Bows & Mallett Rare Coins, Tacoma, 80 p.
13. Valota, M. (2015), "Viet-Nam Coins and Papermoney", Massimiliano VALOTA, 349 p.
14. Spector, R.H. (1985), "Advice and Support: The Early Years. 1941-1960", Center of Military History United States Army, Washington, D.C., 391 p, https://history.army.mil/Portals/143/Images/Publications/Publication%20By%20Title%20Images/A%20Titles%20PDF/CMH_Pub_91-1-pdf?ver=1VpNurHRrLylv_jMIseBw%3d%3d (accessed 02.04.2025).
15. Willbanks, J.H. (2018), "Vietnam : the Course of a Conflict", Army University Press, Fort Leavenworth, Kansas, 313 p., www.armyupress.army.mil/Portals/7ZResearch-and-Books/Archives/2018/PDF/October-2018-Vietnam-TheCourseOfAConflict.pdf (accessed 02.04.2025).
16. "Code of Federal Regulation. Title 32. National Defense. Parts 400 to 629" (1999), US Government Printing Office, Washington, 644 p, www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-1999-title32-vol3/pdf/CFR-1999-title32-vol3.pdf (accessed 02.04.2025).
17. Cancellation of DOD 7000. 14-R, Volume 5, Chapter 17 "Military Payment Certificates", https://comptroller.defense.gov/Portals/45/documents/fmr/archive/05arch/05_17d.pdf (accessed 02.04.2025).
18. Larsen, S.R. and Collins, J.L.Jr. (1985), "Allied Participation in Vietnam", Department of the Army, Washington, D.C., 189 p, www.history.army.mil/html/books/090/90-5-1/CMH_Pub_90-1.pdf (accessed 02.04.2025).
19. Breuker, R. (2009), "Korea's Forgotten War: Appropriating and Subverting the Vietnam War in Korean Popular Imaginings", *Korean Histories*, №1, www.academia.edu/5096667/Koreas_Forgotten_War (accessed 02.04.2025).
20. "Summary of GAO Findings Concerning the Management of Military Payment Certificates in Korea and Vietnam", www.gao.gov/assets/b-146749.pdf (accessed 02.04.2025).
21. "Helpful Hints for Personnel Ordered to Vietnam" (1968), Headquarters, Department of the Army, Washington, D.C., 37 p, <http://2-14th.com/Vietnam/Archives/Publications/Booklets/1968%20Helpful%20Hints%20for%20Personnel%20Ordered%20to%20Vietnam%20d8582.pdf> (accessed 02.04.2025).
22. Donald M. Bishop (2010), "Interviewed by: Charles Stewart Kennedy", September 14, Initial interview date, 513 p, <https://adst.org/OH%20TOCs/Bishop-Donald-Michael1.pdf> (accessed 02.04.2025).
23. "South Viet Nam: Soul Alley" (1970), *TIME*. Desember 14, <https://time.com/archive/6877305/south-viet-nam-soul-alley/> (accessed 02.04.2025).
24. Xejstings, M. (2021), "V'etnam. Istoriya tragedii. 1945-1975" [Vietnam. A History of Tragedy], Al'pina non-fikshn, Moskva, 868 p.

Ph.D. Hermanenko L.M., Ph.D. Desiatnikov I.V.

FINANCIAL SUPPORT FOR U.S. ARMED FORCES PERSONNEL IN SOUTH VIETNAM (1965-1973)

The dynamics of monetary circulation during armed conflicts represent an often underexplored area of economic history. A central aspect of this circulation involves the use of military currency, specifically military payment certificates, intended for the exclusive use of personnel stationed abroad. This article examines the organization and unique characteristics of financial support provided to U.S. Armed Forces personnel in the Republic of Vietnam from 1965 to 1973. This article addresses the following objectives: identifying the features of military payment certificates; describing the organization of financial support payments to American service members in South Vietnam; analyzing the challenges associated with the use of military payment certificates in the Republic of Vietnam. This study demonstrates that, to prevent U.S. dollars from entering the local monetary circulation in the Republic of Vietnam during the Second Indochina War, financial support for U.S. Armed Forces personnel in South Vietnam was disbursed through military payment certificates. This measure aimed to mitigate the

inflationary effects of an excessive money supply on the U.S. economy. The system of military payment certificates was implemented based on experience gained since 1946 in Western Europe, North Africa, and the Far East. The U.S. Army Finance Corps encountered numerous challenges in administering these payments. The most significant issue was the pervasive involvement of American military personnel in the illicit circulation of military payment certificates – a problem that persisted throughout the war.

Keywords: *financial support, U.S. Armed Forces, South Vietnam, Republic of Vietnam, U.S. Army Finance Corps, military payment certificate.*

УДК 623.4:34:351.88

к.т.н. **Шостак В.Г.** (ДНДІА, м. Київ)

д.т.н., проф. **Зіатдінов Ю.К.** (ДУ “КАІ”, м. Київ)

к.т.н., с.н.с. **Кубарь С.В.** (ДНДІА, м. Київ)

д.т.н., с.н.с. **Мавренков О.Є.** (ДНДІА, м. Київ)

DOI: <http://doi.org/10.17721/2519-481X/2025/86-12>

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ РОБІТ З РОЗРОБЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ: СТАН І ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ

У статті представлено результати розгорнутого аналізу основних нормативно-правових документів з питань організації та порядку виконання дослідно-конструкторських робіт з розроблення (модернізації) виробів озброєння та військової техніки для потреб сил оборони України, розкрито загальні проблемні питання, що негативно впливають на строки реалізації та якість таких робіт. Висвітлено ключові проблемні питання, що негативно впливають на строки та якість робіт. Наведено короткий опис моделей фінансування та управління проєктами з розроблення озброєння та військової техніки, які дозволяють подолати тенденцію виникнення (збільшення) дебіторської заборгованості замовника, порушення встановлених термінів тощо. Представлено перспективний варіант організації процедури виконання дослідно-конструкторських робіт із розроблення виробів озброєння та військової техніки, зокрема, через удосконалений механізм пільгового кредитного фінансування робіт, що істотно знижує ризик виникнення та збільшення дебіторської заборгованості та порушення термінів виконання робіт. Наведено порівняння існуючої і перспективної систем виконання дослідно-конструкторських робіт з розроблення (модернізації) озброєння та військової техніки. Сформовано та обґрунтовано основні пропозиції щодо удосконалення нормативно-правового забезпечення з метою оптимізації визначених процедур (процесів) постачання озброєння та військової техніки для потреб сил оборони України.

Ключові слова: *озброєння та військова техніка, нормативно-правове забезпечення, дослідно-конструкторська робота, розроблення, модернізація*

Вступ і постановка проблеми. Розроблення нових (модернізованих) сучасних виробів озброєння та військової техніки (ОВТ) у рамках виконання дослідно-конструкторських робіт (ДКР) і своєчасне оперативне постачання їх у війська є одним з найважливіших пріоритетів військово-технічної політики України в умовах повномасштабної війни з російським агресором. В основі високої результативності (ефективності) проходження таких процесів повинно знаходитися відповідне нормативно-правове поле, що чітко визначає основні вимоги до організації та порядку проведення робіт, їх особливості, обов'язки учасників, механізм фінансування тощо.

Аналіз останніх публікацій. На сьогодні в Україні нормативно-правова база з питань розроблення (модернізації) виробів ОВТ для потреб сил оборони України засновується на таких основних документах:

- 1) Закон України “Про оборонні закупівлі”. Визначає загальні правові засади

планування, порядок формування обсягів та особливостей здійснення закупівель товарів, робіт і послуг оборонного призначення для забезпечення потреб сектору безпеки і оборони, а також інших товарів, робіт і послуг для гарантованого забезпечення потреб безпеки і оборони, а також порядок здійснення державного і демократичного цивільного контролю у сфері оборонних закупівель [1].

2) Закон України “Про державно-приватне партнерство”. Визначає організаційно-правові засади взаємодії державних партнерів з приватними партнерами та основні принципи державно-приватного партнерства на договірній основі. Цим законом встановлюються правові засади, основні принципи, форми, об’єкти та джерела фінансування державно-приватного партнерства, в тому числі, при виконанні проектів розроблення виробів ОВТ [2].

3) постанова Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 234 “Про затвердження Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції”. Визначає механізм розроблення, освоєння та випуску нових (модернізованих, модифікованих) виробів ОВТ, спеціальних комплектувальних виробів для їх виготовлення, ремонту та експлуатації, матеріалів та обладнання, спеціально призначених для їх розроблення, виготовлення або використання, спеціальних технічних засобів, технічних засобів розвідки, засобів протидії технічним розвідкам, космічної техніки військового та подвійного призначення на виконання державних контрактів (договорів), зовнішньоекономічних контрактів з оборонних закупівель, а також припинення випуску виробів товарів оборонного призначення, характеристики яких не відповідають сучасним вимогам або потреба в постачанні яких задоволена в повному обсязі і подальша закупівля яких не планується державними замовниками у сфері оборони [3].

4) постанова Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 363 “Питання оборонних закупівель”. Визначає умови державного контракту, порядок планування, формування, особливості розміщення, коригування оборонних закупівель, здійснення контролю та звітування про їх виконання, а також оприлюднення інформації про оборонні закупівлі, порядок проведення переговорів та укладення державного контракту (договору) з єдиним виконавцем, критерії та методику оцінювання найбільш економічно вигідної пропозиції учасника закупівлі товарів, робіт і послуг оборонного призначення, що здійснюється відповідно до вимог Закону України “Про оборонні закупівлі” [4].

5) постанова Кабінету Міністрів України від 25 лютого 2015 р. № 345 “Про затвердження Порядку постачання озброєння, військової і спеціальної техніки та боєприпасів під час особливого періоду, введення надзвичайного стану, проведення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії та у період проведення антитерористичної операції”. Визначає особливості механізму постачання (у тому числі прийняття на озброєння (постачання) в умовах особливого періоду, надзвичайного стану, проведення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії та у період проведення антитерористичної операції) товарів оборонного призначення, що розроблені українськими підприємствами згідно з планами закупівель товарів, робіт і послуг оборонного призначення за закритими закупівлями, річними та трирічними планами закупівель, затвердженими переліками та обсягами закупівель товарів, робіт і послуг оборонного призначення, інших товарів, робіт і послуг для гарантованого забезпечення потреб безпеки і оборони, за власні кошти таких підприємств або кошти іноземної держави, а також військової техніки іноземного виробництва [5].

Відповідно до вимог пунктів 5, 6 цієї постанови встановлено, що порядок прискореного постачання виробів товарів оборонного призначення визначається державним контрактом (договором) згідно з планами закупівель.

Рішення про необхідність прискореного завершення дослідно-конструкторських робіт з розроблення виробів товарів оборонного призначення, що виготовлені та перебувають на

етапі проведення попередніх випробувань, приймається державним замовником у разі виникнення нагальної потреби в особливий період.

Відповідно до вимог пункту 38 цієї постанови під час воєнного стану у разі розроблення виробів товарів оборонного призначення за рахунок коштів державного бюджету за тактико-технічним завданням державного замовника, відповідності таких виробів основним вимогам тактико-технічного завдання на виконання дослідно-конструкторської роботи та після отримання позитивних результатів застосування за призначенням у порядку, що визначається державним замовником, у разі заінтересованості державний замовник здійснює кодифікацію виробів товарів оборонного призначення та вводить їх до штатів і табелів до них.

6) постанови Кабінету Міністрів України від 24 березня 2023 р. № 256 “Про реалізацію експериментального проекту щодо здійснення оборонних закупівель безпілотних систем, засобів радіоелектронної боротьби та активних засобів протидії технічним розвідкам вітчизняного виробництва” та від 21 липня 2023 р. № 763 “Про реалізацію експериментального проекту щодо виробництва, закупівлі та постачання боєприпасів”. Запроваджують строком на два роки зазначені експериментальні проекти поза виконанням ДКР за державним оборонним замовленням.

Водночас відповідно до пункту 9 постанови Кабінету Міністрів України від 24 березня 2023 р. № 256 під час розрахунку ціни враховуються всі податки та збори, загальновиробничі, адміністративні, операційні та інші витрати виконавця, пов’язані з виготовленням безпілотних систем (їх складових) та/або засобів радіоелектронної боротьби, активних засобів протидії технічним розвідкам, крім в тому числі витрат на дослідно-конструкторські роботи, що не стосуються державного контракту (договору) на виготовлення та поставку безпілотних систем та/або засобів радіоелектронної боротьби, активних засобів протидії технічним розвідкам, або виконані до укладення цього контракту (договору), якщо інше не визначено положеннями державного контракту (договору) [6].

Відповідно до пункту 36¹ постанови Кабінету Міністрів України 21 липня 2023 р. № 763 під час розрахунку ціни на боєприпас (його складову частину) враховуються всі податки та збори, загальновиробничі, адміністративні, операційні та інші витрати вітчизняного виконавця державних контрактів (договорів), пов’язані з виробництвом та постачанням боєприпасів (їх складових частин), крім в тому числі витрат на дослідно-конструкторські роботи, які не стосуються державного контракту (договору) або які виконані до його укладення, якщо інше не визначено положеннями державного контракту (договору) [7].

7) Постанова Кабінету Міністрів України від 11 листопада 2022 р. № 1275 “Деякі питання здійснення оборонних закупівель на період дії правового режиму воєнного стану”. Визначає особливості здійснення оборонних закупівель на період дії правового режиму воєнного стану та встановлено порядок визначення предмета закупівлі під час здійснення закупівель продуктів харчування, послуг із забезпечення комплектами продуктів харчування, послуг щодо забезпечення харчуванням та послуг з організації харчування для особового складу Збройних Сил і порядок здійснення закупівлі безпілотних систем, засобів радіоелектронної боротьби тактичного рівня вітчизняного виробництва та їх складових частин [8].

Відповідно до вимог пункту 6 цієї постанови під час розрахунку ціни враховуються всі податки та збори, загальновиробничі, адміністративні, операційні та інші витрати виконавця, пов’язані з виготовленням безпілотних систем та/або засобів радіоелектронної боротьби тактичного рівня вітчизняного виробництва, їх складових, в тому числі витрат на дослідно-конструкторські роботи, що не стосуються державного контракту (договору) на виготовлення та поставку безпілотних систем та/або засобів радіоелектронної боротьби тактичного рівня (їх складових) або виконані до укладення цього контракту (договору), якщо інше не визначено положеннями державного контракту (договору).

Розгорнутий аналіз зазначених документів показує, що нормативно-правова база з питань розроблення (модернізації) виробів ОВТ певним чином унормовує всі основні питання організації, виконання та фінансування процесів розроблення (модернізації) виробів ОВТ, в тому числі, у рамках виконання ДКР. Однак, досвід виконання ДКР з розроблення (модернізації) виробів ОВТ показує, що на практиці значна кількість таких робіт залишається в зоні критичних ризиків, пов'язаних із зривом строків виконання, отриманням виробів неналежної якості, перевищенням виділеного фінансового ресурсу, збільшенням дебіторської заборгованості. З початком російської агресії такий стан справ ставить під загрозу та підриває боєздатність сил оборони України, в першу чергу, Збройних Сил України.

Останнім часом керівництвом військового відомства було активізовано нормотворчу діяльність, спрямовану на скорочення термінів і спрощення процедур розроблення, прийняття на озброєння та постачання у війська ОВТ в умовах дії правового режиму воєнного стану.

Міністерством оборони України було вжито такі основні заходи:

розроблено Засади військово-технічної політики, які було затверджено наказом Міністерства оборони України від 01.03.2024 №143;

розроблено національний стандарт ДСТУ В 15.203:2023 “Система керування життєвим циклом ОВТ. Виконання дослідно-конструкторських робіт зі створення виробів та їх складників. Основні положення” [9];

розроблено Портфель програм проєктів створення нових систем ОВТ, який затверджено Міністром оборони України 24.07.2024;

розроблено Інструкцію з організації в Міністерстві оборони України постачання озброєння, військової і спеціальної техніки під час дії правового режиму воєнного стану, що затверджена наказом Міністерства оборони України від 28.05.2024 № 354/нм [10];

започатковано роботу тимчасово діючих комісій (за напрямками розроблення ОВТ) щодо перевірки достатності проведених виробниками випробувань для підтвердження заявлених тактико-технічних характеристик виробів ОВТ;

започатковано роботу експертних комісій (за напрямками розроблення окремих видів ОВТ) щодо визначення науково-технічного рівня інноваційних проєктів, що розміщуються на платформі “Brave-1”.

Отже, на сьогодні врегульовано питання здійснення оборонних закупівель робіт та послуг державними замовниками як за кошти державного бюджету, так і власні обігові кошти, кошти іноземних партнерів, включаючи кредитування під державні гарантії. Разом з тим в жодному нормативному документі не визначено правовий інструмент подолання виникнення та збільшення дебіторської заборгованості, порушення термінів при розробленні виробів ОВТ (виконанні ДКР).

Метою статті є висвітлення основних проблемних питань нормативно-правового забезпечення виконання проєктів з розроблення ОВТ для потреб сил оборони України та формування пропозицій щодо оптимізації процедур (процесів) постачання ОВТ.

Виклад основного матеріалу. Аналіз міжнародного досвіду виконання проєктів з розроблення ОВТ (виконанням ДКР) показує, що у світі реалізуються різні моделі фінансування та управління такими проєктами, які мають за мету подолання тенденції виникнення (збільшення) дебіторської заборгованості замовника та порушення запланованих термінів виконання робіт.

Так, у США, Ізраїлі та Китаї запроваджено різноманітні форми механізму змішаного фінансування (Public-Private Partnership, PPP), де приватні компанії отримують державні гранти чи кредити для розроблення інноваційного озброєння.

У Китаї військові розробки часто фінансуються через державні венчурні фонди, які підтримують передові стартапи в оборонній сфері (механізм фінансування у формі застосування цільових фондів для виконання ДКР).

У США за моделлю DARPA замість класичних бюджетних фінансувань запроваджено модель, коли компанії отримують фінансування частинами, залежно від виконання конкретних етапів розробки (механізм фінансування у формі застосування контрактів з жорсткими дедлайнами та бонусами).

Для подолання довгих бюрократичних процедур тендерів та узгоджень у США та Китаї введено спрощені процеси для стратегічно важливих розробок, коли спеціальні агентства (DARPA, NORINCO) напряду укладають контракти з розробниками без бюрократичних процедур, зокрема тендерів.

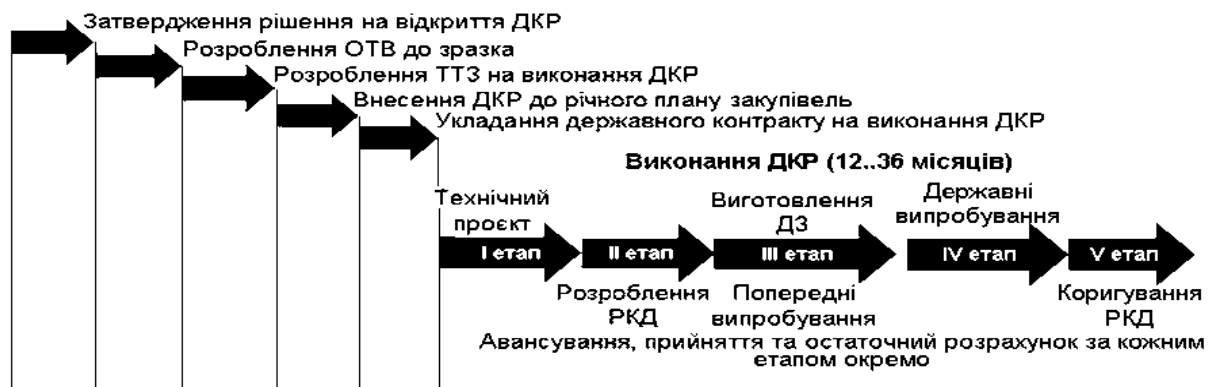
Виконання зазначених проєктів в країнах, які досягли значного прогресу у військових технологіях, зокрема США, Ізраїлі та Китаї, може здійснюватися за рахунок пільгового кредитування виконавців. За умови успішного завершення державних випробувань держава компенсує витрати виконавця на розроблення виробу ОБТ і здійснює державне фінансування закупівлі серійних виробів, що стимулює виконавця робіт до забезпечення заданої якості розроблювальних виробів ОБТ відповідно до вимог замовника та прискорення виконання ДКР для зменшення свого фінансового навантаження.

Слід зазначити, що описані організаційно-правові механізми не є універсальними – їх пряме копіювання для умов України не є системним інструментом для подолання негативних тенденцій, що склалися.

Перспективним варіантом організації процедури виконання ДКР із розроблення виробів ОБТ, що виключає виникнення і збільшення дебіторської заборгованості та зриву термінів постачання, є запровадження механізму пільгового кредитного фінансування робіт. У цьому випадку фінансування виконавця ДКР пропонується здійснити з використанням коштів, які будуть знаходитися на рахунках умовного зберігання (ескроу-рахунках) до моменту прийняття результатів робіт замовником. Це гарантуватиме не виникнення дебіторської заборгованості, дотримання строків виконання договорів та можливість запровадження пільгових умов фінансування для виконавців робіт.

Описаний механізм фінансування ДКР не суперечить існуючим нормам та підходам, коли фінансування здійснюється за рахунок коштів державного бюджету або за власні обігові кошти підприємства виконавця. Відкриття ДКР здійснюється у відповідності до рішення Замовника в разі, коли вона передбачена відповідним плануючим документом, розроблення та затвердження якого може тривати до 1 місяця (рис. 1).

СИСТЕМА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКОЇ РОБОТИ існуюча



що пропонується

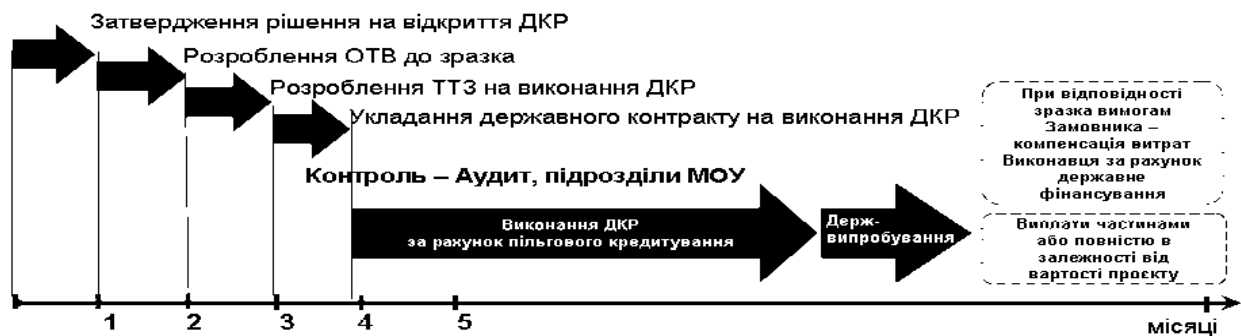


Рисунок 1 – Існуюча і та, що пропонується, система виконання дослідно-конструкторських робіт з розроблення (модернізації) ОВТ

На основі оперативно-тактичних вимог до виробу, розроблюється тактико-технічне завдання на виконання ДКР (розроблення триває до 2 місяців). При цьому, у подальшому здійснюється авансування приймання та остаточний розрахунок за виконаний етап. Фактично, через низку об'єктивних і суб'єктивних факторів (недостатнє та нестабільне фінансування, бюрократичні процедури, залежність від імпорتنих технологій та комплектуючих, недостатній рівень кооперації з приватним сектором, кадровий дефіцит тощо) виконання етапів ДКР в середньому триває від 12 до 36 місяців. Ураховуючи зазначене, скорочення термінів виконання робіт можливо шляхом запровадження нової моделі виконання проектів з розроблення виробів ОВТ із наданням фінансових пільг по кредитуванню підприємств виконавців (дивись рис. 1).

Висновки. Отже можна сформулювати такі основні пропозиції стосовно оптимізації процесів виконання ДКР:

впровадити в Україні систему пільгового кредитування виконання ДКР за Спільним рішенням Міноборони та виконавця робіт. При цьому, укладення державного контракту здійснювати з виконавцем робіт на умовах пільгового кредитування, а приймання робіт здійснювати за результатами державних випробувань у разі відповідності науково-технічної продукції вимогам Замовника;

внести до проекту Закону України “Про розроблення та виробництво озброєння, військової і спеціальної техніки”, який на сьогодні знаходиться на стадії погодження в центральних органах виконавчої влади, положення щодо пільгового кредитування робіт з розроблення виробів ОВТ за Спільними рішеннями державного замовника і виконавця робіт та оплатою робіт за результатами державних випробувань у разі відповідності науково-технічної продукції вимогам Замовника.

Зазначене, як очікується, дасть змогу скоротити строки виконання ДКР за рахунок

паралельного виконання етапів роботи, забезпечить належну якість (технічний рівень) розроблюваних виробів ОВТ, нівелює ризик збільшення дебіторської заборгованості Міноборони.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Закон України “Про оборонні закупівлі” – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/808-20#Text> (дата звернення: 01.03.2025).
2. Закон України “Про державно-приватне партнерство” – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2404-17#Text>.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 234 “Про затвердження Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції” – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/234-2021-п#Text> (дата звернення: 09.03.2025).
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 363 “Питання оборонних закупівель” – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/363-2021-п#Text> (дата звернення: 18.03.2025).
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 25 лютого 2015 р. № 345 “Про затвердження Порядку постачання озброєння, військової і спеціальної техніки та боєприпасів під час особливого періоду, введення надзвичайного стану, проведення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії та у період проведення антитерористичної операції” – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/345-2015-п#Text> (дата звернення: 28.03.2025).
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 24 березня 2023 р. № 256 “Про реалізацію експериментального проекту щодо здійснення оборонних закупівель безпілотних систем, засобів радіоелектронної боротьби та активних засобів протидії технічним розвідкам вітчизняного виробництва” – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/256-2023-п#Text> (дата звернення: 03.04.2025).
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 липня 2023 р. № 763 “Про реалізацію експериментального проекту щодо виробництва, закупівлі та постачання боєприпасів” – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/763-2023-п#Text> (дата звернення: 03.04.2025).
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 11 листопада 2022 р. № 1275 “Деякі питання здійснення оборонних закупівель на період дії правового режиму воєнного стану” – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1275-2022-п#Text> (дата звернення: 08.04.2025).
9. ДСТУ В 15.203:2023 “Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Виконання дослідно-конструкторських робіт зі створення виробів та їх складників. Основні положення” – Взамін ДСТУ В-П 15.203:2017; Введ. 01.11.2023. – К.: ДП “УкрНДНЦ”, 2023. – 100.
10. Наказ Міністерства оборони України від 28.05.2024 № 354/нм “Про затвердження Інструкції з організації в Міністерстві оборони України постачання озброєння, військової і спеціальної техніки під час дії правового режиму воєнного стану” – Режим доступу: <https://lexinform.com.ua/militarylex/nakaz-354-nm-vid-28-05-2024-pro-zatverdzhennya-instruktsiyi-z-organizatsiyi-v-ministerstvi-oborony-ukrayiny-postachannya-ozbroyennya-vijskovoyi-i-spetsialnoyi-tehniki-pid-chas-diyi-pravovogo-rezhymu-v/> (дата звернення: 12.04.2025).

REFERENCES:

1. Law of Ukraine “On Defense Procurement” – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/808-20#Text> (access date: 01.03.2025).
2. Law of Ukraine “On Public-Private Partnership” – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2404-17#Text>.
3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 3, 2021 No. 234 “On Approval of the Procedure for the Development, Development and Production of New Types of Defense Products, as Well as the Termination of the Production of Existing Types of Such Products” – Access Mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/234-2021-п#Text> (access date: 09.03.2025).
4. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 3, 2021 No. 363 “Issues of Defense Procurement” – Access Mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/363-2021-п#Text> (access date: 18.03.2025).

5. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated February 25, 2015 No. 345 “On approval of the Procedure for the supply of weapons, military and special equipment and ammunition during a special period, the introduction of a state of emergency, measures to ensure national security and defense, repelling and deterring armed aggression and during the period of an anti-terrorist operation” – Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/345-2015-п#Text> (date of access: 03/28/2025).

6. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 24, 2023 No. 256 “On the implementation of a pilot project on the implementation of defense procurement of unmanned systems, electronic warfare equipment and active means of countering technical intelligence of domestic production” – Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/256-2023-п#Text> (date of access: 03.04.2025).

7. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 21, 2023 No. 763 “On the implementation of a pilot project on the production, procurement and supply of ammunition” – Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/763-2023-п#Text> (date of access: 03.04.2025).

8. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 11, 2022 No. 1275 “Some issues of implementing defense procurement for the period of the legal regime of martial law” – Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1275-2022-п#Text> (date of access: 08.04.2025).

9. DSTU V 15.203:2023 “Life cycle management system for weapons and military equipment. Implementation of research and development work on the creation of products and their components. Basic provisions” – Replaces DSTU V-P 15.203:2017; Introduced. 01.11.2023. – Kyiv: State Enterprise “UkrNDNTs”, 2023. – 100 p.

10. Order of the Ministry of Defense of Ukraine dated 05/28/2024 No. 354/nm “On approval of the Instruction on the organization of the supply of weapons, military and special equipment in the Ministry of Defense of Ukraine during the legal regime of martial law” – Access mode: <https://lexinform.com.ua/militarylex/nakaz-354-nm-vid-28-05-2024-pro-zatverdzhennya-instruktsiyi-z-organizatsiyi-v-ministerstvi-oborony-ukrayiny-postachannya-ozbroyennya-vijskovoyi-i-spetsialnoyi-tehniky-pid-chas-diyi-pravovogo-rezhymu-v/> (date of access: 04.12.2025).

**Ph.D. Shostak V.G., Dr. Tech. Sci., prof. Ziatdinov Y.K., Ph.D. Kubar S.V.,
Dr. Tech. Sci. Mavrenkov O.E.**

REGULATORY AND LEGAL SUPPORT FOR THE IMPLEMENTATION OF RESEARCH AND DESIGN WORKS ON THE DEVELOPMENT OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT: STATUS AND PROPOSALS FOR IMPROVEMENT

The article presents the results of a detailed analysis of the main regulatory and legal documents on the organization and procedure for the implementation of research and design work on the development (modernization) of weapons and military equipment for the needs of the defense forces of Ukraine, reveals general problematic issues that negatively affect the implementation deadlines and quality of such works. The key problematic issues that negatively affect the deadlines and quality of works are highlighted. A brief description of the models of financing and management of projects for the development of weapons and military equipment is given, which allow overcoming the tendency of the emergence (increase) of receivables from the customer, violation of established deadlines, etc. A promising option for organizing the procedure for performing research and development work on the development of weapons and military equipment is presented, in particular, through an improved mechanism of preferential credit financing of works, which significantly reduces the risk of the emergence and increase of receivables and violation of the deadlines for the performance of works. A comparison of the existing and promising systems for performing research and development work on the development (modernization) of weapons and military equipment is presented. The main proposals for improving regulatory and legal support are formulated and substantiated in order to optimize certain procedures (processes) of supplying weapons and military equipment for the needs of the defense forces of Ukraine.

Keywords: weapons and military equipment, regulatory and legal support, research and development work, development, modernization

ДАНІ ПРО АВТОРІВ

Богданова Олександра Геннадіївна, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник відділу забезпечення якості освіти військової академії (м. Одеса), ORCID: 0009-0005-7604-7969

Бойко Андрій Андрійович, ад'юнкт, Національний університет оборони України (м. Київ), ORCID: 0009-0007-7384-0667

Варакута Володимир Павлович, кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри Військового інституту танкових військ Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", ORCID: 0000-0002-5759-8758

Варакута Микита Володимирович, науковий співробітник науково-дослідної лабораторії факультету Військового інституту танкових військ Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", ORCID: 0009-0005-9192-101X

Верпівський Сергій Миколайович, заступник начальника кафедри автомобільної техніки Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-1610-4707

Гайша Олександр Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, науковий співробітник Інституту наук моря (Барселона, Іспанія) Institut de Ciències del Mar CSIC, ORCID: 0000-0003-3711-547X, SCOPUS ID – 55338466100

Германенко Людмила Миколаївна, кандидат економічних наук, доцент, старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (Черкаси) ORCID: 0000-0002-6238-6290

Горошко Олександр Олексійович, ад'юнкт науково-організаційного відділу Військової академії (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-5695-5311

Гуменний Дмитро Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії Київського національного університету будівництва і архітектури, ORCID: 0000-0001-6736-0543, SCOPUS ID 57201380304

Десятніков Іван Валерійович, кандидат історичних наук, доцент, вчитель історії Черкаського фізико-математичного ліцею (Черкаси), ORCID: 0000-0001-6969-1290

Дідик Валентин Олександрович, доктор філософії, доцент кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0003-4267-9122

Завальнюк Володимир Вікторович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фундаментальних наук Військової академії (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-3193-9569. SCOPUS ID: 36803192000.

Задорожний Станіслав Михайлович викладач кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0003-0449-0863

Зіатдінов Юрій Кашафович, доктор технічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, професор Державного університету "Київський авіаційний інститут", ORCID: 0000-0003-2035-7376, Scopus ID: 57188646002

Ільницький Анатолій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій у телекомунікаціях Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", ORCID: 0000-0001-5817-4917, SCOPUS ID 7004957865

Кішнянус Ігор Володимирович, старший викладач кафедри автомобільної техніки Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0001-7839-5607

Кубарь Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного управління розвитку та модернізації військової авіаційної техніки Державного науково-дослідного інституту авіації, ORCID: 0000-0001-8165-7140

Ленков Сергій Васильович, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, головний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0001-7689-239x, Scopus ID: 58061035100, DBLP: 6.

Мавренков Олексій Єфремович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії розробки та модернізації систем повітряної розвідки

науково-дослідного управління розвитку та модернізації військової авіаційної техніки Державного науково-дослідного інституту авіації, (м. Київ), ORCID: 0000-0002-6578-4833

Максименко Юрій Анатолійович, кандидат технічних наук, начальник кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-1227-2009

Маміч Віктор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0001-5574-0901

Нікішин Володимир Афанасійович, викладач кафедри автомобільної техніки Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0003-2737-403X

Опенько Павло Вікторович, кандидат технічних наук, старший дослідник, Заслужений винахідник України, начальник кафедри Повітряних Сил інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, (м. Київ), ORCID: 0000-0001-7777-5101

Петров Леонід Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільної техніки Військової академії (м. Одеса), ORCID: 0000-0001-5709-9986

Петрик Юрій Миколайович, старший викладач кафедри автомобільної техніки Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0003-4589-4282

Радущ Володимир В'ячеславович, аспірант кафедри кібербезпеки національного університету «Одеська політехніка», ORCID: 0009-0007-5199-901X

Соколов Артем Вікторович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки національного університету «Одеська юридична академія», ORCID: 0000-0003-0283-7229

Цуканов Олег Федорович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій у телекомунікаціях Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", ORCID: 0000-00027104-3274.

Шершаткін Данило Юрійович, старший викладач кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-3362-2469.

Шостак Владислав Григорович, кандидат технічних наук, начальник Державного науково-дослідного інституту авіації (Київ), ORCID: 0000-0002-2956-1069

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЗЧИК

Богданова О.Г.	25	Кубарь С.В.	110
Бойко А.А.	88	Ленков С. В.	69, 79
Варакута В.П.	15	Мавренков О.Є.	110
Варакута М.В.	15	Максименко Ю.А.	44
Верпівський С.М.	58	Маміч В.В.	44
Гайша О.О.	69	Нікішин В.А.	58
Германенко Л.М.	101	Опенько П.В.	50
Горошко О.О.	34	Петров Л.М.	58
Гуменний Д.О.	7	Петрик Ю.М.	58
Десятніков І.В.	101	Радущ В.В.	79
Дідик В.О.	44	Соколов А.В.	79
Завальнюк В.В.	34	Цуканов О.Ф.	7
Задорожний С.М.	44	Шершаткін Д.Ю.	44
Зіатдінов Ю.К.	110	Шостак В.Г.	110
Ільницький А.І.	7		
Кішянус І.В.	58		

РЕДАКЦІЙНА ПОЛІТИКА ТА ЕТИЧНІ НОРМИ

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ТА ДОСТУП ДО ЗМІСТУ «ЗБІРНИКА ВІКНУ»

Редакційна політика «Збірника ВІКНУ» заснована на принципах об'єктивності та неупередженості під час відбору статей для публікації; високих вимог до якості наукових досліджень; обов'язковості та конфіденційності рецензування статей; додержання колегіальності у відборі до публікації статей; доступності та оперативності у спілкуванні з авторами; суворого дотримання авторських і суміжних прав. Запобігання протизаконним публікаціям є відповідальністю кожного автора, редактора, рецензента, видавця.

До друку приймаються оригінальні рукописи, які не були опубліковані раніше та не відправлялись до інших редакцій, які повністю відповідають вимогам стосовно оформлення та порядку подання статей.

У «Збірнику ВІКНУ» сформовані наступні рубрики: військова техніка і технології подвійного призначення, інформаційні технології, загальні питання.

Редакція підтримує політику відкритого доступу та принципи вільного поширення наукової інформації. Примірники збірників знаходяться у Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського, науковій бібліотеці ім. М. Максимовича, у бібліотеці Військового інституту та інших бібліотеках України. Електронна версія розміщена на сайті інституту, на сайтах наведених бібліотек та на сайтах «Збірника ВІКНУ»: <http://miljournals.knu.ua/index.php/zbirnuk>; <http://mil.univ.kiev.ua/page/lib/31>

ЕТИКА ПУБЛІКАЦІЙ

Редакційна колегія журналу вимагає від авторів наслідувати формальним та етичним правилам підготовки і публікації наукових робіт, які вони подають до редакції журналу. Ці норми зумовлено стандартами якості наукових статей, прийнятими у світовому науковому співтоваристві, зокрема публікаційними принципами Publishing Ethics Resource Kit (PERK), рекомендаціями Elsevier, Комітету з етики публікацій (Committee on Publication Ethics, COPE), етичним кодексом вченого України, а також досвідом роботи іноземних та українських професіональних спільнот, наукових організацій, редколегій та редакцій видань.

ЕТИЧНІ ЗОБОВ'ЯЗАННЯ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ ЖУРНАЛУ

Редакційна колегія у своїй діяльності:

- керується принципами неупередженості, наукової етики рецензування, захисту інтелектуальної власності;
- несе відповідальність за рівень наукового наповнення журналу;
- виступає проти фальсифікації, плагіату, направлення автором одного рукопису до кількох журналів, багаторазового копіювання тексту статті в різних місцях, введення громадськості в оману щодо реального внеску кожного автора в опубліковану наукову роботу;
- залишає за собою право направити рукопис на розгляд сторонньому рецензенту, в тому числі ретельний відбір через «сліпе» рецензування, відхилити статтю або повернути її на доопрацювання;
- може відхилити рукопис, якщо вважає, що він не відповідає профілю журналу, чи не відповідає етиці та правилам оформлення;
- має право вилучити вже опубліковану статтю в разі виявлення порушення будь-яких прав або загальноприйнятих норм наукової етики, про цей факт вилучення статті

редакція повідомляє як автору статті, так і організації, де було виконано дослідження та повідомляє про це у наступному номері.

Співробітники редакції не надають іншим особам інформації, пов'язаної із змістом рукописів, що перебувають на розгляді, крім осіб, які беруть участь у її фаховій оцінці.

Згідно з міжнародним законодавством щодо додержання авторського права на електронні інформаційні ресурси, матеріали сайту, електронного журналу або проекту не можуть бути відтворені повністю або частково у будь-якій формі (електронній чи друкованій) без попередньої письмової згоди редакції журналу. Під час використання опублікованих матеріалів у контексті інших документів обов'язково необхідними є посилання на першоджерело.

ЕТИЧНІ ЗОБОВ'ЯЗАННЯ АВТОРА

Автор:

- несе відповідальність за новизну і достовірність наведених у статтях результатів, тактико-технічних та економічних показників, коректність висловлювань, а також за те, що в матеріалах не міститься інформація з обмеженим доступом;

- повинен цитувати ті публікації, які мали визначальний вплив на суть викладеного у статті, а також ті, які можуть швидко ознайомити читача з більш ранніми працями, важливими для розуміння цього дослідження, необхідно також належним чином вказувати джерела принципово важливих матеріалів, використаних у цій роботі, якщо вони не були отримані самим автором;

- забезпечує недопустимість плагіату та подання до публікації раніше надрукованих матеріалів, у випадку виявлення зазначених фактів відповідальність несе автор поданих матеріалів.

Співавторами статті мають бути всі особи, що зробили вагомий науковий внесок у подану роботу і поділяють відповідальність за отримані результати. Автор, який подає рукопис до публікації, відповідає за те, щоб до списку співавторів були включені тільки ті особи, які відповідають критерію авторства, і бере на себе відповідальність за згоду інших авторів статті на її публікацію в журналі.

УВАГА!

Для авторів статей дещо доопрацьовані вимоги щодо особистих даних.

Ці дані подаються українською та англійською мовами в такій послідовності:

Прізвище_

Ім'я_По - батькові (за бажанням). Науковий ступінь та вчене звання. Місце роботи та посада_

ORCID 0000-0001-3215-4400

SCOPUS ID 57193059215 (за наявності) Індекс DBLP 10 (за наявності)

e-mail:_____ моб. телефон_

Надсилати скановані рисунки, формули та таблиці не допускається.

Вся стаття оформлюється одним шрифтом **Times New Roman**, вказаними нижче розмірами, зверніть увагу на формули, таблиці та рисунки.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ «ЗБІРНИКА ВІКНУ» ЗДІЙСНЮЄ НЕЗАЛЕЖНЕ («СЛІПЕ») ЕКСПЕРТНЕ РЕЦЕНЗУВАННЯ НАДАНИХ ДО ДРУКУ РУКОПИСІВ ТА ПЕРЕВІРКУ ЇХ НА ПЛАГІАТ. РЕЦЕНЗУВАННЯ ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ЗА АНОНІМНОЮ ФОРМОЮ ЯК ДЛЯ АВТОРІВ, ТАК І ДЛЯ РЕЦЕНЗЕНТІВ.

**ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЧЛЕНІВ РЕДАКЦІЙНОЇ КОМІСІЇ ПРАЦЬ ВІКНУ
НА 20.03 25 РОКУ**

			Scopus	In HIRS- HA	DPLP
Ленков С.В.	д.т.н., проф. ВІКНУ	LienkovSerhii	21	4	6
Анісімов А.В.	д. ф-м н., проф., член-кор. НАНУ, КНУ	Anisimov Anatoliy	114	9	38
Барабаш О.В.	д.т.н., проф. НТУУ «КПІ»	Barabash Oleg	54	18	5
Гунченко Ю.О.	д.т.н., проф.ОНУ	Gunchenko Yurii	23	6	5
Жиров Г.Б.	к.т.н. с.н.с., КНУ	Zhyrov Gennadiy	12	3	1
Заславський В.А.	д.т.н., проф., КНУ	Zaslavsky Volodymyr	25	3	10
Карпінський М.П.	д.т.н., проф., УНТ Краків (Польща)	Karpinski Mikolaj	111	11	51
Лепіх Я.І.	д. ф-м н., проф.,ОНУ	Lepikh Yaroslav	57	4	0
Петров О.С.	д.т.н., проф., УНТ Краків (Польща)	Petrov Oleksandr	19	4	1
Погорілий С.Д.	д.т.н., проф., КНУ	Pogorilyy S.D.	29	8	7
Толок І.В.	к.пед. наук, доц., НУЦЗС	Tolok Igor	9	3	2
Хайрова Н.Ф.	д.т.н., проф., Umea, U(Sweden)	Khairova Nina	39	7	34
Хлапонін Ю.І.	д.т.н., проф., КНУБА	Khlaponin Yurii	32	4	18
Шаронова Н.В.	д.т.н., проф., НТУ «ХІП»	Sharonova N.V.	30	6	25

**ПЕРЕЛІК СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ЗБІРНИКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ.
ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЙОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ З 01.01.26**

Галузь знань (2024)	Спеціальність (2024)	Назва спеціальності з 2011 року
К6 Забезпечення військ (сил)	254 Забезпечення військ (сил)	20.01.07 Оборонна економіка 20.01.08 Тил Збройних Сил 20.01.10 Розвідка та іноземні армії 20.02.05 Інженерне обладнання театрів воєнних дій 20.02.22 Військова історія
К7 Озброєння та військова техніка	255 Озброєння та військова техніка	20.02.05 Інженерне обладнання театрів воєнних дій 20.02.14 Озброєння і військова техніка 20.02.15 Гідроаеродинаміка, динаміка руху та маневрування бойових засобів 20.02.20 Теорія стрільби 20.02.22 Військова історія 20.02.23 Засоби захисту від зброї масового ураження 21.02.03 Цивільний захист
F4 Системний аналіз та наука про дані	124 Системний аналіз	01.05.04 Системний аналіз і теорія оптимальних рішень 05.13.22 Управління проектами і програмами 10.02.21 Структурна, прикладна та математична лінгвістика
F6 Інформаційні системи та технології	126 Інформаційні системи та технології	<i>Поки МОН не визначилось. Редколегія пропонує:</i> 05.13.06 Інформаційні технології 05.13.21 Системи захисту інформації 05.13.23 Системи та засоби штучного інтелекту 20.02.01 Військова географія

ПОРЯДОК ПОДАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО "ЗБІРНИКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА"

До друку приймаються оригінальні рукописи, які не були опубліковані раніше, не були відправлені до інших редакцій та повністю відповідають вимогам щодо оформлення та порядку подання статей.

Загальні вимоги до технічного оформлення статей:

Обсяг рукопису - рекомендується не менше **12 повних аркушів** українською або англійською мовами.

Формат аркуша - **A4 (210 x 297 мм)**.

Розмір полів: верхнє, нижнє, праве, ліве - **2 см**.

Шрифт тексту - **Times New Roman №12**, через міжрядковий інтервал - **1,0**.

Абзац має становити **10 мм**.

Стаття повинна мати такі необхідні елементи:

УДК;

назва статті, яка лаконічно відображає зміст та новизну статті;

анотація та ключові слова;

вступ та постановка задачі чи проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;

аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано **розв'язання цієї проблеми** і на які спирається автор, визначення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, формулювання мети статті;

виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів, практичних рішень та експериментів;

висновки з цього дослідження і перспективи подальшого розвитку в цьому напрямку,

список літератури,

References,

дані про авторів двома мовами.

Анотація до статті виконується українською та англійською мовами загальний обсяг кожної не менш ніж **1800** знаків, включаючи ключові слова.

Вона повинна містити коротке повторення структури статті, що включає вступ, цілі і завдання, методи, результати, висновки.

Анотацію друкують курсивом, шрифт Times New Roman, №11. Після анотації розміщуються **ключові слова** (5–7 термінів).

Список літератури (References) повинен включати не менш 12 джерел, з яких 50 % видані за останні 10 років. При цьому не менш 25 % джерел повинно відноситися до іноземної періодики. Самоцитування авторів у списку літератури повинно бути, як правило, не більш за 25 %.

Якщо основною мовою статті є українська, то оформляються два списки літератури: перший (список літератури мовою оригіналу джерела) – згідно з наказом МОН від 12.01.2017 № 40 та відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»;

другий (REFERENCES) з урахуванням ДСТУ 8302:2015, наказу МОН від 12.01.2017 № 40 та міжнародного Гарвардського стилю BSI (British Standards Institution).

На адресу редколегії (03022, м. Київ, вул. Ю. Здановської, 81, тел.: +38 (044) 521 - 33 -82) мають бути надіслані наступні матеріали:

експертний висновок про можливість відкритого публікування, завірений печаткою, сканкопія надсилається на e-mail: lenkov_s@ukr.net

Відомості про авторів див. стор.150. Вимоги до оформлення References

References потрібно приводити окремим блоком, повторюючи послідовність попередньо наведеного Списку літератури. Джерела при цьому оформлюються за такими основними правилами (Harvard style оформлення BSI: British Standards Institution):

- запис завжди починається з прізвища автора, потім кома, ініціали (між ініціалами пропуски не ставляться), за якими в дужках вказується дата видання; два автори відокремлюються «and» без коми; кілька авторів розділяються комами, але останнє прізвище повинно бути відокремлене «and» без коми;
- витяги з публікацій, тобто назви статей журналів, глав в книгах наводяться в "лапках";
- назва журналу або книги завжди виділяється курсивом;
- ім'я видавця вказується перед місцем видання;
- коми використовують для поділу елементів запису;
- для джерел українською або російською мовами, що наводяться у References, назви статей журналів, глави з книг наводяться латиницею (транслітерацією) в "лапках" та перекладаються англійською мовою в квадратних дужках. Онлайн-конвертер з української мови для транслітерації: <http://translit.kh.ua/?passport>.

Приклади оформлення References за стилем Harvard British Standards Institution

Книга (ДСТУ 8302:2015)

Інформаційно-психологічна боротьба у війсьній сфері: монографія / Г.В. Певцов, А.М. Гордієнко, С.В. Залкін, С.О. Сідченко, А.О. Феклістов, К.І. Хударковський. Х.: Вид. Рожко С.Г., 2017. 276 с.

Книга (Harvard style BSI)

Pievtsov, H.V., Hordiienko, A.M., Zalkin, S.V., Sidchenko, S.O., Feklistov, A.O. and Khudarkovskyi, K.I. (2017), "Informatsiino-psykholohichna borotba u voiennii sferi: monohrafiia" [The information and psychological struggle in the military sphere], Rozhko S.H., Kharkiv, 276 p.

Стаття із періодичного видання (ДСТУ 8302:2015)

Карпенко, Д.В. Стан та перспективи розвитку зенітного ракетного озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2017. № 2(27). С. 75–78.

Стаття із періодичного видання (Harvard style BSI)

Karpenko, D.V. (2017), "Stan ta perspektyvy rozvytku zenitnoho raketnoho ozbroiennia Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy" [The state and perspectives of the development of anti-aircraft missile armaments in the Air Force of Ukraine], Science and Technology of the Air Force of Ukraine, No. 2(27), pp. 75–78.

Дисертація (ДСТУ 8302:2015)

Белозеров, И.В. Религиозная политика: дис. ... канд. ист. наук: 07.00.02; защищена 22.01.02; утв. 15.07.02 / Белозеров Иван Валентинович. К., 2002. 215 с.

Дисертація (Harvard style BSI)

Belozerov, I.V. (2002), "Relyhyoznaia polityka: dissertation" [The religious policy: dissertation], Kiev, 215 p.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (ДСТУ 8302:2015)

Романов В. К вопросу о путях достижения национальной безопасности в условиях глобализации: проблемы теории и практики в контексте внешней политики России и Польши [Електронний ресурс] Безопасность и оборона, 2016. № 1(2), С. 7–15. Режим доступу до журн.: http://www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (Harvard style BSI)

Romanov, V. (2016), "K voprosu o putyakh dostizheniya natsionalnoy bezopasnosti v usloviyakh globalizatsii: problemy teorii i praktiki v kontekste vneshney politiki Rossii i Polshi" [To the question about the ways to achieve national security in the context of globalization: the problems of theory and practice in the context of the foreign policy of Russia and Poland], Security and Defence Journal, No. 1(2), pp. 7–15, www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf (accessed 12 July 2017). (примітка: при наведенні URL "http: //" має бути виключено).

Більш детальну інформацію щодо оформлення бібліографічних посилань за стилем Harvard British Standards Institution можна знайти на сайті *Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського* та онлайн генератора посилань *Cite This For Me*.

Редакційна колегія: e-mail: lenkov_s@ukr.net

Шрифт

**СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ
У «ЗБІРНИКУ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ВІКНУ»**

УДК

науковий ступінь, вчене звання

ініціали та прізвище автора (співавторів)

Місце роботи автора (співавторів)

12 пт

УДК 32.973.202:07.681

д.т.н., проф. **Степанов С.В.** (ВІКНУ)

к.т.н., с.н.с. **Українець О.В.** (ВІКНУ)

к.т.н. **Саленко В.Д.** (ВІКНУ)

**12пт
жирний**

**КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ПРИСТРОЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ
ЖЕСТІВ**

Анотація до статті виконується українською та англійською мовами (загальний обсяг кожної не менш, ніж **1800** знаків, включаючи ключові слова).

11 **пт** курсив, жирний Для керування електронними пристроями, для сучасного користувача важливими критеріями є такі, як: зручність та простота керування. Для того, щоб надати користувачеві такі можливості та зручності в використанні, є досить доцільною розробка системи, яка б надавала такі можливості. Керування системою, яка працює на основі жестів, є надзвичайно перспективним, та може суттєво полегшити користувачеві роботу з нею, тому що жести, які потрібні для керування системою, можуть бути інтуїтивно зрозумілими користувачеві, порівняно з іншими системами, які працюють за допомогою комбінацій клавіш.

Для вирішення задач керування за допомогою жестів, пропонується програмно-апаратний комплекс, який побудований на основі різних модулів, кожен з яких в свою чергу виконує відповідну роль в системі, наприклад, знаходить точку інтересу з множини чи вираховує глибину сцени. Також у системі є ядро, яке відповідає за аналіз модифікаторів та жестів. На основі даних модулів стає можливо створити систему, яка б працювала на основі жестів. Але для створення цієї системи, потрібно вирішити певні задачі, такі як: сегментація, скелетизація, спостереження. Кожна з яких містить в собі відповідні математичні моделі та визначення. Запропонований програмно-апаратний комплекс для керування природними жестами. Суть програмно-апаратного комплексу полягає в тому, щоб забезпечити користувача таким інтерфейсом, щоб він виконував роботу знаходячись частково віддалено від робочого місця, чи маніпулював інструментами на відстані, тобто за допомогою жестів. Використання запропонованого програмно-апаратного комплексу дозволить покращити показники стерильності в операційних, підвищити технічну безпеку під час виконання безпосередньої роботи користувача з приладами.

Ключові слова: штучний інтелект, контролери, модулі, жести, глибина сцени, точка інтересу, аналіз модифікаторів, аналіз жестів, сегментація, скелетизація, спостереження.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ СТАТТІ

12 **пт** НЕОБХІДНІ ЕЛЕМЕНТИ СТАТТІ: вступ та постановка проблеми (задачі) у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання цієї проблеми і на що спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується ця стаття, формулювання цілей статті (постановка завдання), виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; їх практичного значення та результатів експеримента чи впровадження; висновки з дослідження і перспективи подальших досліджень у цьому напрямку. Література. References.

УВАГА! Таблиці і рисунки друкують після посилань. Якщо у статті кілька таблиць чи рисунків - їх нумерують. Заголовки таблиць і рисунків необхідно розмішувати по центру, а нумерацію таблиць праворуч від таблиці (стиль **normal**, шрифт – **Times New**

Roman № 12). Рисунки повинні бути виконані за допомогою редактора Word, згруповані і являти собою один графічний об'єкт. Формули та позначення по тексту обов'язково набирати за допомогою Equation Editor - редактора формул Word, а не у текстовому режимі. У редакторі формул мають бути встановлені такі параметри - розміри: загальний

12 pt. великі індекси – **10 pt** , малі індекси – **7 pt**, великі символи – **14 pt**. малі символи

10 pt: стиль: текст, функції, змінні, матриці-вектори, числа – шрифт Times New Roman, для решти стилів – шрифт Symbol, при цьому: строк. грецькі – прямі. Великі за розміром вирази та рівняння необхідно записувати у кілька рядків.

ЛІТЕРАТУРА

Перший (список літератури на мові оригіналу джерела) – згідно з наказом МОН № 40 від 12.01.2017 та відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»;

другий (REFERENCES) з урахуванням ДСТУ 8302:2015, наказу МОН № 40 від 12.01.2017 та міжнародного Гарвардського стилю BSI (British Standards Institution).

ЛІТЕРАТУРА:

11 пт

ЗРАЗОК

1. Ленков С.В., Толлок І.В., Цицарєв В.М., Ленков Є.С. Моделювання процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання технічних об'єктів. Системи озброєння і військова техніка. Харків. 2018. Вип. 1(53). С. 155 – 162.

2. Жиров Г.Б., Ленков Є.С., Цицарєв В.М., Проценко Я.М. Моделювання процесу відмов об'єктів, що відновлюються з ієрархічною конструктивною структурою. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Київ. 2017. Вип. 55. С. 30-39.

REFERENCES:

11 пт

ЗРАЗОК

1. Lienkov, S.V., Tolok, I.V., Tsytsarev, V.N. and Lenkov, Ye.S. (2018), "Modeliuvannia protsesiv vytrachannia ta popovnennia resursu uhrupuvannia tekhnichnykh obiektiv" [Modeling of processes of expenditure and resource replenishment grouping of technical objects], Systems of Arms and Military Equipment, No. 1(53), pp. 155-162.

2. Zhyrov, G.B., Lenkov, Je.S., Cycarjev, V.M. and Procenko, Ja.M. (2017), "Modeljuvannja procesu vidmov ob'ektiv, shho vidnovljut'sja z ijerarhichnoju konstruktyvnoju strukturoju" [Simulation of the process of failure of objects that are restored with a hierarchical constructive structure], Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka, No. 55, pp. 30-39

Dr. econ. sci. Prof. Stepanov S.V.,
Ph.D. Ukrainets O.V., Ph.D. Salenko V.D. CONTROL

ELECTRONIC DEVICES USING GESTURES

For management of electronic devices, for today's user important criteria are: convenience and ease of management. In order to provide the user with such opportunities and usability to use, it is quite reasonable to develop a system that would provide such opportunities. Managing a gesture-based system is extremely promising, but can greatly facilitate the user to work with it, because the gestures that are needed to manage the system can be intuitive to the user, compared to other systems that operate using keyboard shortcuts. To solve the problems of managing using gestures, a software-hardware complex is proposed that is based on different modules, each of which in turn plays an appropriate role in the system, for example, finds a point of interest from a plurality or calculates the depth of a scene. Also, the system has a kernel that is responsible for analyzing modifiers and gestures. Based on the data of the modules it becomes possible to create a system that would work on the basis of gestures. But for the creation of this system, it is necessary to solve certain problems, such as: segmentation, skeletalization, observation. Each of them contains the corresponding mathematical models and definitions. Proposed hardware and software complex for management of natural gestures. The essence of the software and hardware complex is to provide the user with such an interface that he was performing work while being partially remote from the workplace, or manipulating tools at a distance, that is, using gestures. The use of the proposed software-hardware complex will improve the sterility parameters in the operating system, increase the technical safety during the direct work of the user with the devices.

Keywords: *artificial intelligence, controllers, modules, gestures, depth of the scene, point of interest, analysis of modifiers, gesture analysis, segmentation, skeletonization, observation.*

Дані про авторів див. стор.150

ЗРАЗОК

11 пт Степанов Сергій Вікторович, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, головний науковий співробітник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-1202-6512-1234, ORCID ID 0000-0001-3215-4400, SCOPUS ID 57193059215 (при наявності), індекс DBLP

10 (за наявності), e-mail:stepanov@ukr.net, тел. 068 652 26 62.

Українець Олексій Васильович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-1204-6512-1235, ukr@ukr.net, 073 556 6776. SCOPUS ID 57193059215 (при наявності), індекс DBLP 10

(за наявності), e-mail:stepanov@ukr.net, тел. 068 652 26 62.

Саленко Володимир Дмитрович, кандидат технічних наук, науковий співробітник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-1201-6512-1236, salenko@ukr.net, 0938763423. SCOPUS ID 57193059215 (при наявності), індекс DBLP 10 (за наявності), e-mail:stepanov@ukr.net, тел. 068 652 26 62.

Stepanov Sergij, doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher of the Military Institute of Kiev National Taras Shevchenko University (Kiev, Ukraine)

Ukrainets Oleksij, candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of the Military Institute of Kyiv National Taras Shevchenko University (Kiev, Ukraine)

Salenko Volodymyr, candidate of engineering sciences, Researcher of the Military Institute of Kiev National Taras Shevchenko University (Kiev, Ukraine).

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**Військового інституту
Київського національного університету імені Тараса Шевченка**

№ 86

Усі матеріали надруковані в авторській редакції

Підписано до друку 20.03.2025 р.

Авт. друк. арк. 8,00. Формат 60х90/8 Безкоштовно. Замовлення № 53-24.

Надруковано у навчальному тренувальному комплексі ВІКНУ
Київ, вул. Ю. Здановської, 81
т. 521-32-89

