

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

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Виходить 4 рази на рік

№ 82

Згідно Наказу 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:

- 124 – «Системний аналіз»;
- 126 – «Інформаційні системи та технології»
- 254 – «Забезпечення військ (сил)»
- 255 – «Озброєння та військова техніка»

КИЇВ – 2024

**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

№ 82

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:

- 124 – «System analysis»;
- 126 – «Information systems and technologies»
- 254 – «Supply of troops (forces)»
- 255 – «Armament and military equipment»

KYIV – 2024

УДК621.43

ББК 32-26.8-68.49

Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ, 2024. № 82. 116 с.

Голова редакційної колегії:

Ленков 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, Університет у Бельсько-Бялій (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, КНУ;
Хайрова Н.Ф. доктор технічних наук, професор, НТУ «ХПІ»;
Хлапонін Ю.І. доктор технічних наук, професор, КНУБіА;
Шаронова Н.В. доктор технічних наук, професор, НТУ «ХПІ».

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 Шевченка» внесено до категорії «Б» (технічні науки).

Затверджено на засіданні Вченої ради ВІКНУ від 18.07.24 р., протокол № 17.

Відповідальний за
макет: Сотніков Є.О.

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 у збірнику, проходять обов'язкове рецензування, яке здійснюється за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів. Незважаючи на перевірку статей на антиплогіат остаточною відповідальність за плогіат несуть автори.

Видання безкоштовне.

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

Видання індексується Google Scholar.

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>

UDC621.43

LBC 32-26.8-68.49

Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv.
K.: VIKNU, 2024. № 82. 116 p.

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;
Zhirov 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, University of Bielsko-Biala (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,
Khairova N.F. doctor of technical sciences, professor, NTU «KhPI»;
Khlaponin Yu.I. doctor of technical sciences, professor, KNUBiA;
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 18.07.2024, protocol No. 17.

Responsible for the layout:
Sotnikov Y

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

Lienkov S.V., Sieliukov O.V., Banzak G.V., Leschenko O.I. Failure model of non-restorable complex technical object of military equipment	7
Бондаренко С.В., Сергєєв О.С., Косовцов А.Ю., Вплив полярного та екваторіального демпфуючих моментів снаряда на дальність його польоту	17
Жиров Г.Б., Кольцов Р.Ю., Долінчук К.О. Вибір нейромережевого класифікатора для вирішення завдання аналізу сигналів реб та штучних завад	26
Кривцун В.І., Коцюрuba В.І., Станіславов В.С. Удосконалення математичних моделей виявлення вибухонебезпечних предметів електромагнітними методами	33
Ліннік Д.С., Кушнар'ова Г.О., Рабоча Т.В., Фролов О.С. Аналіз впливу поліфункціонального модифікатора на водостійкість композиційного гіпсового в'язучого	40
Михайленко В.С., Гвоздева І.М., Гунченко Ю.О., Коренкова Г.В., Шевченко Т.І. Інтелектуальна система аналізу розташування мін	48
Репіло Ю.Є., Георгадзе О.А., Винокуров Д.В., Камалов Є.В., Ключак О.М., Чайковська О.Є. Погляди щодо організації та проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу органів військового управління	59
Стоянова-Коваль С.С., Попов С.А., Єфіменко А.Є., Сокур Н.В., Розмазнін О.П. Особливості адміністративної діяльності у військових частинах в сучасних умовах	67

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Ленков С.В., Джулій В.М., Муляр І. В. Метод класифікації псевдовипадкових послідовностей стислих та зашифрованих даних запобіганню витоку інформації	77
Семчак О.М., Богданова О.Г. Проблеми та перспективи розвитку автоматизованих систем управління цілевказання	94
Дані про авторів	103
Алфавітний покажчик	105
Редакційна політика та етичні норми	106
Порядок подання і оформлення статей до "Збірника наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка"	108

CONTENTS

MILITARY EQUIPMENT AND TWO-DESTINATION TECHNOLOGIES

Lienkov S.V., Sieliukov O.V., Banzak G.V., Leschenko O.I. Failure model of non-restorable complex technical object of military equipment	7
Bondarenko S.V., Sergeev O.S., Kosovtsov A.Y. Influence of the polar and equatorial damping moments of the projectile on its flight distance	17
Zhyrov G.B., Kolcov R.Y., Dolinchuk K.O., Selection of a neural network classifier for solving the problem of analyzing the signals of rb and artificial interference	26
Kryvtun V., Kotsiuruba V., Stanislavov V. Improvement of mathematical models of detection of explosive objects by electromagnetic methods	33
Linnik D., Kushnareva G., Rabocha T., Frolov O. Analysis of the influence of polyfunctional modifier on the water resistance of composite gypsum binder	40
Mikhailenko V., Gvozdeva I., Gunchenko Y., Korenkova H., Shevchenko T. Intelligent system for analyzing mine placement	48
Repilo I.E., Heorhadze O.A., Vynokurov D.V., Kamalov E.V., Chaikovska O.E., Klyuchak O.M. Views on the organisation and conduct of individual training of officers of military command and control bodies	59
Stoyanova-Koval S.S., Popov S., Iefimenko A.E., Sokur N., Rozmazzin O.P. Features of administrative activities in military units in modern conditions	67

INFORMATION TECHNOLOGIES

Lienkov S.V., Dzholiy V.M., Muliar I.V. Method of classification of pseudo-random sequences of compressed and encrypted data to prevent information leakage	77
Semchak O. M., Bogdanova O. G. Problems and development prospect automated control system purpose.	94
Data on Authors	103
Alphabetical Index	105
Editorial policy and ethical standard	106
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 "	108

ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

UDC 681.3(07)

Dr. tech. sci, prof. **Lienkov S.V.** (VIKNU)
Dr. tech. sci, prof. **Sieliukov O.V.** (SNU, CHINA)
PHD **Banzak G.V.** (SUITC)
PHD **Leschenko O.I.** (SUITC)

DOI: <http://doi.org/10.17721/2519-481X/2024/82-01>

FAILURE MODEL OF NON-RESTORABLE COMPLEX TECHNICAL OBJECT OF MILITARY EQUIPMENT

Maintenance (MT) is a necessary component the process of operating a complex technical object of military equipment, intended for long-term operation in wartime and harsh operating conditions. The volume, content and timing of maintenance must be completely determined by the reliability properties of the object, conditions and modes of its use. Effective implementation of any maintenance operation is possible only if the design of the object provides special means for this purpose (for measuring the defining parameters) and ensures the accessibility and convenience of performing the operation.

Complex technical objects in modern society are extremely important. Such objects belong to the class of restored objects long-term repeated use. They are usually expensive and require significant operating costs. To ensure the required level of failure-free operation during their operation, maintenance is usually carried out, the essence of which is the timely preventive replacement of elements that are in a pre-failure state, which is very important for military equipment.

A characteristic feature of complex technical objects for special purposes (military equipment) is the presence in their composition of a large number (tens, hundreds of thousands) different types of components that have different levels of reliability, different patterns of their wear and aging processes. This feature requires a more subtle approach to organizing and planning maintenance during operation (of military equipment).

The above statements fully justify the conclusion about need to determine the main characteristics of the maintenance system in early stages of its design, when it is still possible to make changes to design of the object.

In this work, a model of failure-free operation non-repairable complex technical object of military equipment is developed.

The work also confirms the general idea that data obtained fully confirm the assumption that a maintenance strategy that is not restored is more preferable in the case of unreliable (inaccurate) information about the reliability indicators of elements of a military equipment object.

Key words: maintenance, military equipment object, non-repairable military equipment object, complex technical objects for special purposes equipment, costs for the cost military equipment

Introduction. Complex technical objects in modern society are extremely important. We are talking primarily about various radio-electronic complexes for military and special purposes, radar stations, automated control systems (air traffic, energy facilities, etc.). The defense capability of the state, economic security, and the lives of hundreds and thousands of people depend on the level of reliability such facilities.

Complex technical objects are understood as objects consisting of a large number different types of elements (tens, hundreds of thousands), each of which can represent a fairly complex technical device. Elements can be radio-electronic, mechanical, electromechanical, hydraulic, etc. The diversity of elements leads to the fact that different elements are characterized by fundamentally different physical processes (and, therefore, rates) of degradation, leading to their failures.

Objects can have an arbitrary reliability structure (usually series-parallel). The structural structure of such objects is usually hierarchical, that is, the object consists of subsystems, subsystems consist of units (cabinets), units - of devices (blocks), etc.

Analysis of previous studies. A “surge” in the number of theoretical works on the maintenance

of complex systems occurred in the 70-s of the last century, which can be explained by the mass production at that time of complex electronic equipment for military and special purposes [1-6]. Currently, there is a decline in the number of scientific publications devoted to the maintenance of complex technical objects. One of the reasons for this, in our opinion, is the sharp increase in the level of integration and reliability of component products. Thanks to this, developers of complex equipment were able to solve issues of ensuring the required level of reliability without significant maintenance costs (or without maintenance at all). However, the same reason (high integration and reliability of component elements) opened up the possibility of implementing increasingly complex equipment with new functions, which was impossible with the old element base. This again objectively leads to problems of ensuring reliability and, therefore, question of the need for maintenance and the choice of optimal strategy for its implementation again becomes relevant.

Formation of the problem. Unfortunately, the currently known mathematical models and methods for calculating the optimal parameters of maintenance processes are not very suitable for application to real technical objects. The main disadvantage of these models is that they either do not take into account the complex structure of the object at all, or it is possible to take into account only some of the simplest structures [7,8]. In [9], a comparative analysis of the problems arising when solving maintenance problems “by resource” and “by state” was carried out. An overview of the latest work at that time in the field of maintenance and repair of complex systems is provided. In [10], a theoretical generalization of known mathematical models of maintenance processes was made. However, these models do not allow us to build on their basis methods suitable for practical use.

In our opinion, the situation is even worse with mathematical models of “state-by-state” maintenance processes. Only a small number of scientific works are devoted to this area of research [11, 12].

Results. The model being developed is intended to obtain probability functions of failure-free operation $P(t)$ (or time-to-failure distribution functions $F(t) = 1 - P(t)$) for the object as a whole and all its structural elements based on the available information on the failure-free performance of component elements. The functions $P(t)$ and $F(t)$ are indicators of the reliability of non-recoverable objects, therefore we will call the model the model of failure-free operation (MF) of a non-recoverable object.

The structural structure of a complex technical object is almost always hierarchical. Elements belonging to different design levels can be called, for example, units (cabinets), devices (blocks), nodes (boards), etc. In this case, an object can consist of units, units – of devices, devices – of nodes, etc.

Let us denote E_{ijk}^u k -th element of u -th structural level, which is part of j -th element of $(u-1)$ -th level. The index ijk in this case indicates a chain of numbers elements of higher levels (including this one) in the sequence of their occurrence in elements of previous (higher) levels. Numbering of levels starts from the top, starting from the object level ($u=0$). The numbering of the u -th level elements included in the $(u-1)$ -th level element is independent within this element. Thus, the number of numbers in the lower index is always equal to the value of the upper index u - number of the design level.

The object as a whole is treated as a level zero element E^0 . It is always unique and is not included in any other elements. Figure 1 shows a fragment of the hierarchical structural structure of the object.

Each structural element of some u -th level E_{ijk}^u can include structural elements of the next $(u+1)$ -th level. In figure 1, elements of the lower level are indicated by circles, all other elements are indicated by rectangles.

We will use the term structural element in the case when it is necessary to pay attention to the place occupied in the structural structure of an object. Structural elements of the lower level, following the terminology adopted in [3,8], we will agree to call zero-rank products (ZRP). An ZRP can be either a very complex device or consist of a single simplest element (for example, a resistor, microcircuit, transformer, bearing, etc.). ZRP is an inseparable element and is always considered as one whole.

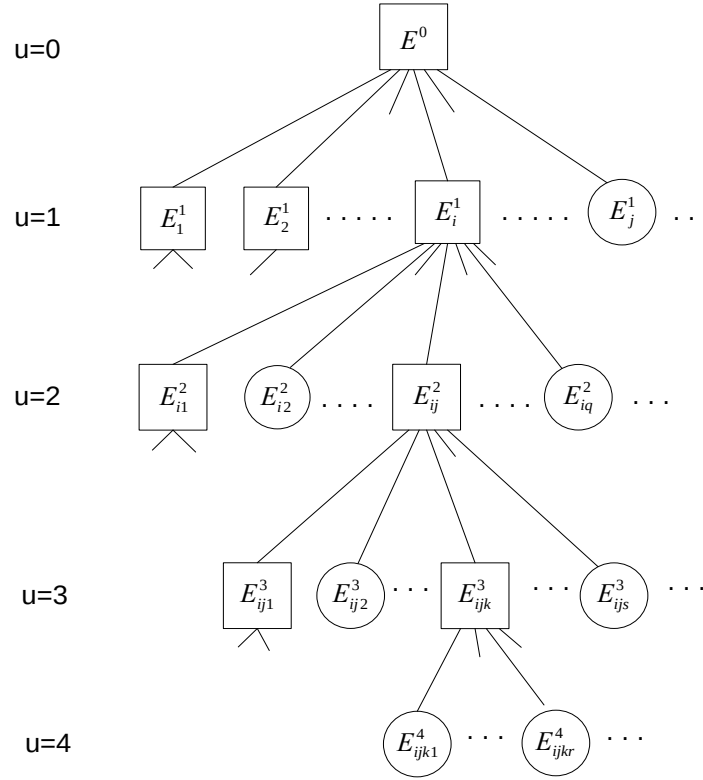


Figure 1 – Fragment of the hierarchical structural structure of the object
We will formally represent the constructive structure of an object as a hierarchical list structure. Each structural element $E_{ij...r}^u$ is treated as a list

$$E_{ij...r}^u = \{E_{ij...r0}^{u+1}, E_{ij...r1}^{u+1}, ..., E_{ij...rs}^{u+1}, ... \}; \quad s = \overline{0, |E_{ij...r}^u|}; \quad u = \overline{0, U}, \quad (1)$$

where $E_{ij...rs}^{u+1}$ - is $(u+1)$ -level element included in the element $E_{ij...r}^u$;

U – maximum level (nesting) of structural elements for a given RET object.

The object as a whole is represented by a list of 1-st level elements:

$$E^0 = \{E_0^1, E_1^1, ..., E_i^1, ... \}; \quad i = \overline{0, |E^0|}. \quad (2)$$

ZRP elements are represented as empty lists.

The set of all nested lists of the form (1) represents a mathematical model of the constructive structure of an object.

If an element $E_{ij...k}^u$ consists of series-connected elements of $(u+1)$ level, then the probability of failure-free operation of this element is defined as the product:

$$P(t / E_{ij...k}^u) = \prod_{\forall E_{ij...kr}^{u+1} \in E_{ij...k}^u} P(t / E_{ij...kr}^{u+1}), \quad (3)$$

where r - is the number of $(u+1)$ -level $E_{ij...kr}^{u+1}$ element included in u -th level element $E_{ij...k}^u$;

$P(t / E_{ij...kr}^{u+1})$ - probability of failure-free operation elements $E_{ij...kr}^{u+1}$.

If an element $E_{ij...k}^u$ is a redundant group consisting of n identical elements $E_{ij...k0}^{u+1}$ connected in parallel, then in the case of a constant reserve the probability of failure-free operation for it is equal to [2,4]:

$$P(t / E_{ij...k}^u) = 1 - [1 - P(t / E_{ij...k0}^{u+1})]^n. \quad (4)$$

The model does not take into account the possibility of multiple failures, since within the framework of tasks for which this model is developed, probability of multiple failures can be neglected.

From what has been considered, it is clear that the initial information for the model should be the probability functions of failure-free operation ZRP $P(t / e_m)$ (e_m - designation of an arbitrary ZRP). For all structural elements of higher levels, including the object as a whole, functions $P(t / E_{ij...r}^u)$ must be calculated.

The model being developed is intended to solve problems of assessing the reliability of aging objects, so we need to use the laws of time-to-failure distribution that take into account degradation processes in materials of different types of elements. Failures generated by various degradation processes are usually called gradual [5,13]. It has now become generally accepted that gradual failures occur due to the fact that the value of some defining parameter reaches the maximum permissible value. Failure models based on the concept of a defining parameter are usually called probabilistic-physical (WF-models) [6,8].

The most universal model of gradual failures is the diffusion nonmonotonic distribution (DN-distribution) [6].

For DN-distribution, the probability density has the following form:

$$f(t) = f(t; \mu, \nu) = \frac{\sqrt{\mu}}{\nu t \sqrt{2\pi t}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\nu^2 \mu t}\right), \quad (5)$$

where μ - is the scale parameter (mean time to failure);

ν - coefficient of variation.

The density function (5) corresponds to the integral function of DN-distribution:

$$\begin{aligned} F(t) = DN(t; \mu, \nu) &= \Phi\left(\frac{t - \mu}{\nu \sqrt{\mu t}}\right) + \exp\left(\frac{2}{\nu^2}\right) \Phi\left(-\frac{t + \mu}{\nu \sqrt{\mu t}}\right) = \\ &= \Phi\left(\frac{at - 1}{\nu \sqrt{at}}\right) + \exp\left(\frac{2}{\nu^2}\right) \Phi\left(-\frac{at + 1}{\nu \sqrt{at}}\right), \end{aligned} \quad (6)$$

where $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx$ - normalized normal distribution;

a - average rate of the degradation process (average rate of change of the defining parameter), equal to $a = 1/\mu$.

DN-distribution has one important property, which is that the coefficient of variation of the distribution of time to failure coincides with the coefficient of variation of the distribution of the random variable of the determining parameter. This property, combined with the fact that the mean time to failure is equal to the reciprocal of the mean degradation rate of the governing parameter, opens up great opportunities for the use of DN-distribution in maintenance modeling problems.

The universality of DN-distribution lies in the fact that its coefficient of variation (shape parameter) practically coincides with the shape parameters of DN-distribution and is approximately equal to the inverse value of the shape parameter of Weibull distribution and alpha distribution [6]. This makes it possible to use DN-distribution as a model of failures of elements of various types that have different physical mechanisms of degradation processes. To ensure the adequacy of the failure model, it is enough to correctly set the value of the coefficient of variation. Recommendations for choosing the coefficient of variation are given in [8]. Table 1 shows some data taken from [8] on the characteristic values of the coefficient of variation.

Table 1

Generalized estimates of the coefficients of variation of various physical processes

Type of degradation process	Coefficient of variation destruction process	Name of elements undergoing destruction
Fatigue (high-cycle)	0,40 – 1,00	Housing parts, rolling bearings, shafts, axles, springs, connecting rods, bolts, etc.
Wear (mechanical-chemical)	0,20 – 0,50	Sliding bearings, shafts, axles, guides, bushings, etc.
Aging	0,40 – 1,00	Elements and parts made of metals, polymers, rubber products, seals, semiconductors, etc.
Electrical (electrolysis, charge migration, electrodiffusion)	0,70 – 1,50	Semiconductor devices, integrated circuits, capacitors and other electronic products.

The choice of a numerical value coefficient of variation from the specified range in each specific case can be carried out taking into account the following general considerations: the greater the average ratio of load to endurance limit (strength), the lower coefficient of variation, and vice versa, that is, the lower loading coefficient, the higher coefficient of variation.

Taking into account everything considered as a failure model for all structural elements and the object as a whole, we choose WF model of DN-distribution. The initial information for the MB in this case is the set of pairs of parameters of all elements-ZRP. Based on this information, the corresponding parameters for all other structural elements of higher levels must be calculated.

In [8] it is proved that if a system consists of elements whose failures are subject to DN-distribution, then failures of the system are also subject to DN-distribution. The parameters of DN-distribution of system time to failure (scale parameter μ and shape parameter ν), depending on the method of reliable connection of elements in the system, are calculated using the following formulas.

Calculation formulas for determining the scale parameter μ and shape parameter ν for structural elements of higher levels (not ZRP):

Series connection of different types of elements:

$$\mu = 1 / \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{n_i}{\mu_i^2}}; \quad (7)$$

$$\nu = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{n_i \nu_i^2}{\mu_i^2}} / \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{n_i}{\mu_i^2}}, \quad (8)$$

where n_i - is the number of elements i -th type;

μ_i - scale parameter DN-distribution of time to failure of elements of i -th type (average time to failure of elements of i -th type);

ν_i - parameter of the form DN-distribution of time to failure elements i -th type (variation coefficient);

N - number of element types in the system

Series connection of identical elements:

$$\mu = \mu_0 / \sqrt{n}; \quad (9)$$

$$\nu = \nu_0, \quad (10)$$

where μ_0 - is the scale parameter of *DN*-distribution elements included in the system (average time to failure of one element);

n - is the number of identical elements in the system.

Loaded (permanent) reservation:

$$\mu = \mu_0 \sqrt{n}; \quad (11)$$

$$\nu = \nu_0 / \sqrt{n}. \quad (12)$$

Unloaded (replacement) reservation:

$$\mu = \mu_0 n; \quad (13)$$

$$\nu = \nu_0 / \sqrt{n}. \quad (14)$$

The formal descriptions of the structural and reliability structures of an object introduced above, expression for the probability of failure objects (or element) $F(t)$ (6) and the calculation expressions (7-14) together represent a mathematical model of the failure-free operation a non-repairable object.

The prototype of the considered MB can be considered the model described in [10]. The main difference between the MB and the prototype is the use of the important property of *DN*-distribution to preserve the type of distribution when transforming the reliability structure of structural elements (when moving from a sequential structure to a parallel one, and vice versa).

Model database. For the software implementation of the MB and ensuring its application for real technical objects, a database (DB) is required in which information about the object (composition, structural and reliability structure, failure-free performance indicators of ZRP, etc.) could be stored. As is known, information in the database is presented in the form of tables [13]. The following tables were created in the developed database for MB:

- tbEu tables – contain information about the structural elements of an object at level u . The number of tables tbEu is equal to the maximum number of levels of structural elements that can be represented in the database: tbE1 – for 1st level elements included in the object, tbE2 – 2-nd level elements included in 1-st level elements, etc. One table entry contains information about one u -level structural element.

- tables tbKEu – contain information about the elements that are ZRP and related to the design level u : tbKE1 – ZRP included directly in object; tbKE2 – ZRP included directly in the structural elements of the 1st level; tbKE3 – ZRP included directly in the structural elements of the 2nd level, etc. One record contains information about one element - u -level ZRP. The number of tbKEu tables is equal to the number of tbEu tables plus one;

- table tbTipKE – contains information about the types of component elements - ZRP and their reliability indicators (information is taken from reference books and product passports);

- table tbGTipKE – contains information about groups of ZRP types. Type groups were introduced for convenience of working with the database;

- table tbSprav – a table containing a list of reference books from which information about the reliability indicators of ZRP was taken.

In table 2-6 shows the structure of these tables. Only information that is directly used by the MB is indicated.

Table 2

Structure of tbEu tables (parameters of structural elements)

Field name	Data type	Key attribute	Field purpose
i1	INTEGER	*	Structural element code
I2	INTEGER		Code of the “higher” level structural element that includes this element
NAME	VARCHAR		Element name
PZ	CHAR(1)		Restoration attribute (0 – attribute is not defined; 1 – element is restored (replaced) in case of failures; 2 – element is replaced and serviced during maintenance.
TG	CHAR(1)		Type of connection in the group (0 – separate element; 1 – serial connection; 2 – loaded reserve; 3 – unloaded reserve)
N	INTEGER		Number of elements in the group
....			

Table 3

Structure of tbKEu tables (parameters of elements - ZRP)

Field name	Data type	Key attribute	Field purpose
Kod	INTEGER	*	Element code – ZRP
I2	INTEGER		Code of the “senior” level structural element that includes this element
NAME	VARCHAR		Item name
KOD_G TIP	INTEGER		ZRP type group code
KOD_TIP	INTEGER		ZRP type code
N	INTEGER		The purpose of the fields is the same as tblEu table fields of the same name
PZ	CHAR(1)		
TG	CHAR(1)		
....			

Table 4

Structure of the tbGTipKE table (ZRP type groups)

Field name	Data type	Key attribute	Field purpose
Kod_GTipKE	INTEGER	*	ZRP type group code
name	VARCHAR		Name of the group of ZRP types

Table 5

Structure of the tripLE table (reliability indicators of ZRP)

Field name	Data type	Key attribute	Field purpose
Kod_TipKE	INTEGER	*	ZRP type code
Kod_GTipKE	INTEGER		ZRP type group code
name	VARCHAR		Element type name
Mu	FLOAT		Average time to failure, h
Nu	FLOAT		The coefficient of variation
z	INTEGER		Distribution law code
Kod_Sprav	INTEGER		Directory code - source of information

Table 6

Structure of tbSprav table (list of reference books)

Field name	Data type	Key attribute	Field purpose
Kod_Sprav	INTEGER	*	Directory code
name	VARCHAR		Name

Relationships of the “master-slave” type have been created between the database tables (they are also called “one-to-many” relationships). Figure 2 shows a diagram of master-slave connections between tables tbEu and tbKEu.

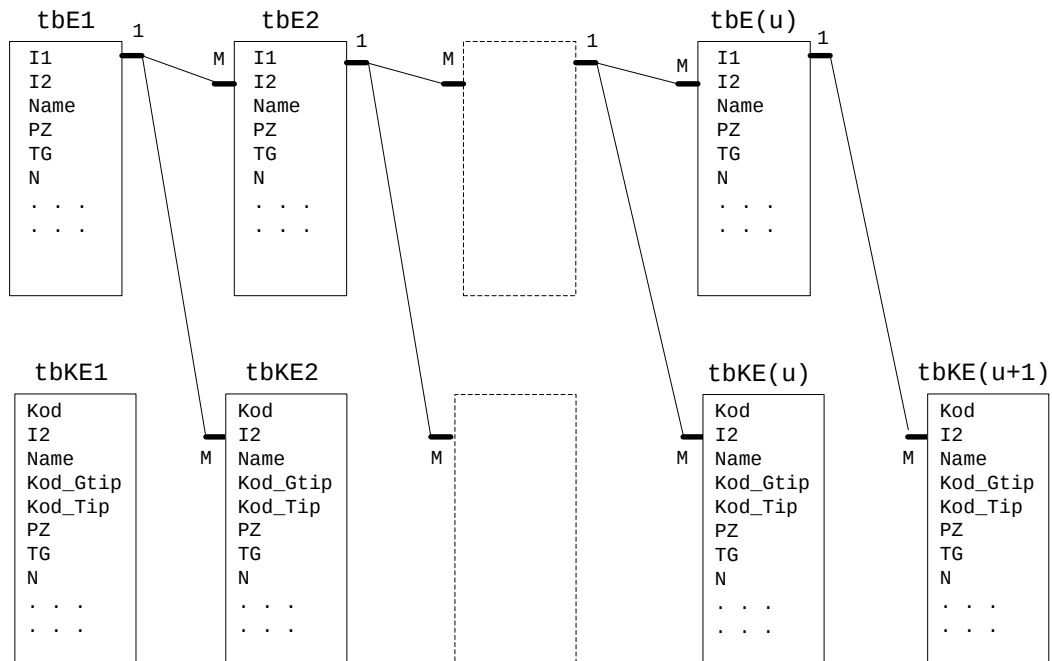


Figure 2 – Master-slave relationships between tables tbEu and tbKEu

A 1:M relationship means that one record in the main table corresponds to 0 or more records in the slave table. For example, tables tbE2 and tbKE2 are subordinate to table tbE1. The link key in the subtables tbEu and tbKEu is the key field I2.

Relationships between tables are created to ensure data integrity as well as ease of data management. The linked records in table tbE2 contain data about 2-nd level structural elements that are part of the 1st level structural element, the data for which is contained in the linked record in table tbE1. In the same way, the related records of table tbKE2 contain data on INR, which are elements of 2-nd level and are part of the same structural element of 1-st level.

Thanks to the presence of relationships in subordinate tables, it is easy to find only those records that are related to the current, currently selected record in the main table.

Connections were also created between the tables tbGTipKE and tbTipKE and between tbSprav and tbTipKE (Fig. 3).

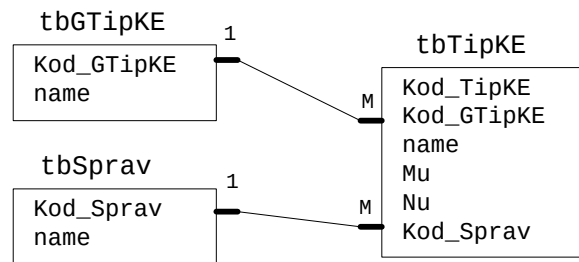


Figure 3 – Diagram of connections between tables tbGTipKE, tbSprav and tbTipKE

One record in the tbGTipKE table (one group of types) can correspond to 0 or more records in the tbTipKE table (0 or more ZRP types). In the same way, one record in the tbSprav table (one directory) can correspond to 0 or more records in the tbTipKE table (data of the same ZRP type is always taken from one directory).

There are also M:1 type connections between the tbKEu tables and the tbTipKE table (not shown in the figures). The communication keys here are the Kod_Tip and Kod_TipKE fields. Using this connection, each ZRP presented in the tbKEu table is associated with a single entry in the tbTipKE table, containing information about the reliability parameters of an element of this type.

Conclusions. Thus, the constructive structure of an object in the database is represented by placing data on elements of various levels in various tables and creating appropriate connections between the tables. Information about the reliability structure of structural elements is presented using the TG field (group type), which is available in the tbEu and tbKEu tables.

REFERENCES:

1. Sergey Lenkov, Konstantin Borjak, Gennady Banzak, Vadim Braun, ets. (2002) Forecasting to reliability complex object radio-electronic technology and optimization parameter their technical usage with use the simulation statistical modelsю. Monograph in English. Odessa: Publishing house “VMV”, 252 p.
2. Jason Brown, Lucas Mol (2017) On the roots of all-terminal reliability polynomials. Discrete Mathematics, Volume 340, Issue 6, June, pp 1287-1299.
3. Lirong Cui, Yan Li, Jingyuan Shen, Cong Lin (2016) Reliability for discrete state systems with cyclic missions periods. Applied Mathematical Modtlling, Volume 40, Issues 23-24, December, pp 10783-10799.
4. Iris Tien, Armen Der Kiureghian (2016) Algorithms for Bayesian network modeling and reliability assessment of infrastructure systems. Reability Engineering & System Safety, Volume 156, December, pp 134-147.
5. Volokh O.P. (2005) Methods of substantiation rational values operiodicity of maintenance of machines of engineering armament during operation. Collection of scientific works of Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 29-32.
6. Boryak K.F (2009) Faultlessness model of a complex recoverable object of electronic equipment. Collection of scientific works of Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv, pp 33-41.
7. Mikhalevich V.S., Volkovich V.L. (1982) Computational methods of research and design of complex systems. M.: Science, 286 p.
8. Braun V.O., Boryak K.F., Lantvoyt O.B., Tsytsarev V.N. (2008) Modeling of maintenance processes of complex reconstructed objects of radio-electronic equipment. News of the Engineering Academy of Ukraine. K., №1. pp 47 – 52.
9. Boryak K.F. (2008) Research of the process of maintenance of complex renewable objects of electronic equipment with the help of simulation statistical model. Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine. K., №2. pp 85 – 91.
10. Banzak H.V., Banzak O.V., Vozikova L.M. (2020) Simulation of technical maintenance process with adaptive change of control period. The 1st International scientific and practical conference “The world of science and innovation” Cognum Publishing House, London, United Kingdom. pp 10-14.
11. Banzak H.V., Boryak K.F., TSytsarev V.N. (2010) Reliability database of complex objects of radio-

electronic equipment. Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv. № 27. pp 89 – 97.

12. Banzak O.V., Sieliykov O.V., Olenov M.V., Dobrovolskaya S.V., Konovalenko O.I. (2010) Research processes of gamma radiation detector for developing a portable digital spectrometer. Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv. № 69. pp 5 - 13.

13. Nataliya Lytvynenko, Serhii Lienkov, Olexander Lytvynenko, Hennadii Banzak, (2020) Development of Geoinformation Technology for Monitoring Events on the Basis of Data from Unstructured Web Resource Text. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-5, pp 1160-1165.

Д.т.н., проф. Ленков С.В., д.т.н., проф. Сєлюков О.В., к.т.н. Банзак Г.В., к.т.н. Лещенко О.І.

МОДЕЛЬ БЕЗВІДМОВНОСТІ СКЛАДНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТУ, ЩО НЕВІДНОВЛЮВАЄТЬСЯ, ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Технічне обслуговування (ТО) є необхідною складовою процесу експлуатації складного технічного об'єкта військової техніки, призначеного для тривалої експлуатації в умовах воєнного часу та важких умов експлуатації. Обсяг, зміст та терміни проведення ТО повинні повністю визначатися надійними властивостями об'єкта, умовами та режимами його застосування. Ефективне виконання будь-якої операції ТО можливе лише в тому випадку, якщо в конструкції об'єкта передбачені спеціально призначені для цього засоби (для вимірювання визначальних параметрів) та забезпечені доступність та зручність виконання операції.

Складні технічні об'єкти у суспільстві мають виключно важливе значення. Такі об'єкти належать до класу об'єктів, що відновлюються тривалого багаторазового застосування. Вони, як правило, є дорогими та потребують значних витрат на їх експлуатацію. Для забезпечення необхідного рівня безвідмовності в процесі їх експлуатації зазвичай проводиться технічне обслуговування (ТО), суть якого полягає у своєчасній запобіжній заміні елементів, що знаходяться в стані перед відмовою, що дуже важливо для об'єктів військової техніки.

Характерною особливістю складних технічних об'єктів спеціального призначення (військової техніки) є наявність у їхньому складі великої кількості (десятки, сотні тисяч) різномісних комплектуючих елементів, що мають різний рівень надійності, різні закономірності процесів їхнього зносу та старіння. Ця особливість потребує більш тонкого підходу до організації та планування ТО у процесі експлуатації (військової техніки).

Наведені твердження цілком обґрунтовують висновок необхідності визначення основних характеристик системи ТО на ранніх стадіях його проектування, коли ще є можливість внесення змін у конструкцію об'єкта.

У цій роботі розробляється модель складного технічного об'єкта військової техніки, що не відновлюється.

Також у роботі підтверджується загальне міркування у тому, що отримані дані повністю підтверджують висунуте припущення у тому, що стратегія ТО, яке відновлюється, є кращою у разі недостовірної (неточної) інформації про показники надійності елементів об'єкта військової техніки.

Ключові слова: технічне обслуговування, об'єкт військової техніки, об'єкт військової техніки, що не відновлюється, складні технічні об'єкти спеціального призначення

ВПЛИВ ПОЛЯРНОГО ТА ЕКВАТОРІАЛЬНОГО ДЕМПФУЮЧИХ МОМЕНТІВ СНАРЯДА НА ДАЛЬНІСТЬ ЙОГО ПОЛЬОТУ

Актуальним та важливим питанням при розрахунках траєкторій польоту снарядів є визначення і представлення екваторіального та полярного демпфуючих моментів в системі диференціальних рівнянь просторового руху снарядів. Показано, що демпфуючі моменти визначаються формою і орієнтацією снаряда, характером обтікання, типом прикордонного шару і його взаємодією з ударними хвилями, швидкістю, висотою польоту снаряда та його кутом нутації.

Для оцінки впливу аеродинамічних коефіцієнтів екваторіального та полярного демпфуючих моментів (їх аеродинамічних коефіцієнтів) на дальність польоту снаряда використаний метод різниць, який полягає в розв'язанні системи диференціальних рівнянь просторового руху снаряда так, щоб змінюючи значення аеродинамічного коефіцієнту, отримувати зміну величини дальності польоту. Проведене чисельне моделювання залежностей дальності польоту 155-мм уламково-фугасного снаряда Assegai M2000 від зміни величини аеродинамічних коефіцієнтів екваторіального та полярного демпфуючих моментів на 1%.

Показано, що аеродинамічний коефіцієнт полярного демпфуючого моменту створює найбільші похибки в дальності на максимальному та мінімальному зарядях, а саме на максимальному заряді похибка досягає 0.012%D, на мінімальному заряді – 0.01%D, вплив на проміжних зарядах проявляється значно в меншій формі, та не перевищує значення – 0.005%D.

Найбільша похибка в дальності польоту снаряда від аеродинамічного коефіцієнту екваторіального демпфуючого моменту спостерігається на максимальному заряді, відхилення досягає 0.07%D, майменша похибка на мінімальному заряді – 0.0001%D. Отримані результати надають можливість оцінити потрібну точність визначення аеродинамічних коефіцієнтів екваторіального та полярного демпфуючих моментів за різних умов стрільби артилерійських систем.

Ключові слова: артилерійський снаряд, полярний момент, екваторіальний момент, аеродинамічні коефіцієнти, дальність стрільби, відносна похибка, метод різниць.

Постановка задачі в загальному вигляді. Рух артилерійського снаряда як твердого тіла складається з поступального руху – руху його центру мас (ц.м.), та руху навколо ц.м., причому ці складові взаємопов'язані. Традиційно склалося, що при розробці методів розрахунку траєкторій польоту снаряда рух навколо ц.м. зазвичай не враховують, нехтуючи коливаннями снаряда і приймаючи, що його повздовжня ось співпадає з дотичною до траєкторії (вектором швидкості польоту снаряда). Всі невідповідності прийнятих методів компенсуються балістичним коефіцієнтом, який отримується на основі експериментальних стрільб та розглядається як коефіцієнт погодження, отриманий за визначених умов, та компенсує всі невідповідності системи припущень розрахункового методу і забезпечує збіг елементів розрахункових траєкторій з елементами траєкторій, які отримуються за результатами експериментальних стрільб [1-3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зі створенням і розробкою перспективних та модернізацією існуючих артилерійських систем різних класів та боєприпасів до них, нових підходів до балістичної та метеорологічної підготовки даних для ведення високоточної стрільби, топогеодезичної прив'язки з використанням супутникових навігаційних систем, а також широкого застосування балістичних обчислювачів, математичне підґрунтя яких складають балістичні інтегровальні алгоритми розрахунку установок, на основі розв'язання

оберненої задачі зовнішньої балістики, вимоги до точності розрахунку траєкторій польоту снаряда суттєво зросли [1, 2, 4]. Так, з розвитком сучасних засобів траєкторних вимірювань та методів розрахунку траєкторій польоту снаряда, підвищенням швидкодії обчислювальних машин від застосування балістичного коефіцієнту поступово відмовляються, що вимагає найбільш повно описати динаміку польоту снаряда з урахуванням його коливального руху та визначення з високою точністю складових системи моментів, що діють на нього під час польоту [4-6].

Рух снаряда навколо ц.м. обумовлюється системою моментів, що діють на снаряд. Вектор моменту всіх сил опору повітря може бути представлений як векторна сума складових – перекидального (стабілізуючого) та демпфуючого моментів. Перекидальний момент утворюється в наслідок того, що вектор повної аеродинамічної сили прикладається не до ц.м. снаряда, а на деякій відстані по осі снаряда від ц.м. Демпфуючий момент виникає завжди при русі снаряда навколо ц.м. в повітрі (в'язкому середовищі), та поділяється на дві складові: екваторіальний демпфуючий момент – PDM (Pitch Damping Moment) та полярний демпфуючий момент – SDM (Spin Damping Moment). Тут і далі по тексту статті приймемо – позначення аеродинамічних моментів, їх аналітичні вирази, відповідно до STANAG 4355 (Edition 3) [7-8], а також для позначки векторів будемо використовувати напівжирні букви, відповідно для скалярів – стандартні букви.

SDM створює від'ємне кутове прискорення обертанню снаряда навколо його повздовжньої осі [1, 3, 5]. Природа цього моменту – сили тертя, що утворюються на поверхні снаряда при його обертанні (рис. 1 а).

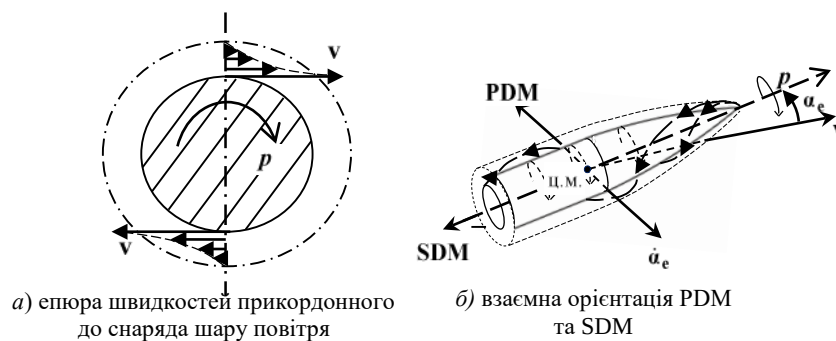


Рисунок 1 - Схема утворення PDM та SDM снаряда

Вектор цього моменту знаходиться на повздовжній осі снаряда та має напрямок протилежний вектору кутової швидкості власного обертання снаряда p (рис. 1 б). SDM створює від'ємне кутове прискорення обертання снаряда навколо його повздовжньої осі, протидіє обертанню снаряда та завжди зменшує швидкість його власного обертання.

PDM намагається погасити коливальний рух осі снаряда. Він має більш складну природу, у порівнянні з SDM, так як в його утворенні приймають участь не тільки сили тертя, але й сили тиску (перерозподіл тиску по поверхні снаряда при коливаннях його повздовжньої осі) [1, 3, 5]. Вектор цього моменту знаходиться в екваторіальній площині та має напрямок протилежний швидкості екваторіальних коливань снаряда – нутаційних коливань α_e (рис. 1 б).

Важливішим практичним додатком теоретичних положень визначення PDM та SDM, є використання їх для розрахунку траєкторій польоту снарядів, відповідно за міру точності їх визначення, істотно прийняти точність стрільби на дальність, тобто похибка визначення PDM та SDM не повинна перевищувати похибку визначення опорної дальності стрільби артилерійських систем [1, 2, 4]. Експериментальне дослідження PDM та SDM зводиться до дослідження їх аеродинамічних коефіцієнтів при різних співвідношеннях чисел Маха (M). Варто відмітити, що дослідження перекидального моменту мають тривалу історію, водночас вплив на політ снарядів складових демпфуючого моменту вивчений порівняно мало. Так, провідними науковцями Балістичної дослідної лабораторії Сполучених Штатів Америки (Ballistic Research Laboratories) оприлюднені кількісні показники, досягнуті при визначенні аеродинамічних коефіцієнтів демпфуючого моменту, які не повною мірою відповідають вимогам до точності їх визначення (табл. 1) та не дозволяють забезпечити задану точність стрільби артилерійських систем [1].

Таблиця 1

Точностні показники, які досягнуті при визначенні аеродинамічних коефіцієнтів снаряда

<i>Aerodynamic Coefficient</i>	<i>Wind Tunnel, %</i>	<i>Aeroballistic Range, %</i>	<i>PRODAS, %</i>
Pitch Damping Moment (Екваторіальний демпфуючий момент)	Large	10-20	15-25
Spin Damping Moment (Полярний демпфуючий момент)	Large	5-10	10-15

В цьому напрямку актуальним та важливим питанням є оцінка впливу зміни величини аеродинамічних коефіцієнтів PDM та SDM на дальність польоту снаряда, що в свою чергу надасть змогу висунути вимоги до потрібної точності їх розрахунку.

Метою статті є оцінка впливу аеродинамічних коефіцієнтів PDM та SDM на дальність стрільби артилерійських систем.

Виклад основного матеріалу досліджень

1. Оцінка впливу аеродинамічного коефіцієнту SDM на дальність польоту снаряда.

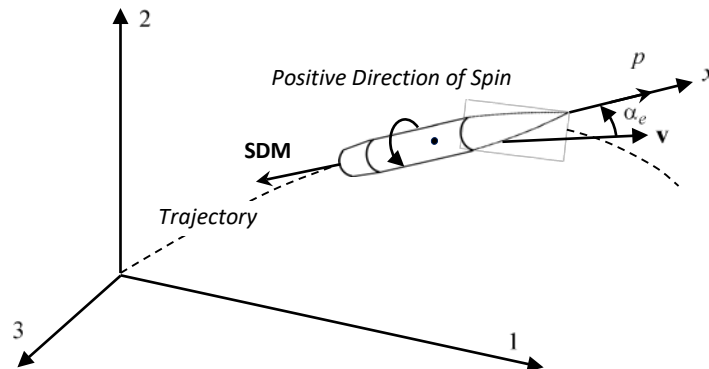
Векторне рівняння SDM визначається як [1, 7, 8]

$$\mathbf{SDM} = \left(\frac{\rho d^4 \pi}{8 I_x} \right) C_{spin} v (\mathbf{H} \cdot \mathbf{x}) \mathbf{x}, \quad (1)$$

де ρ – щільність повітря; d – діаметр (калібр) снаряда; I_x – полярний момент інерції снаряда; $\mathbf{H}$ – вектор кінетичного моменту снаряда; C_{spin} – аеродинамічний коефіцієнт SDM; v – швидкість польоту снаряда; $\mathbf{x}$ – одиничний вектор направлений вздовж осі симетрії снаряда $\mathbf{x}$ у напрямку його головної частини (рис. 2), у нормальній Земній системі координат він має компоненти, які визначаються

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, x_3].$$

На рис. 2 показано від'ємний напрямок SDM, який призводить до зменшення величини швидкості обертання снаряда.

Рисунок 2 - Дія SDM на снаряд у польоті O_0123 – нормальна Земна система координат

Для оцінки впливу аеродинамічного коефіцієнту SDM на дальність польоту снаряда використаємо метод різниць, який полягає в розв'язанні системи диференціальних рівнянь просторового руху снаряда так, щоб змінюючи значення аеродинамічного коефіцієнту SDM, отримувати зміну величини дальності польоту. Таким чином, можна отримати залежність відносної похибки дальності від зміни величини аеродинамічного коефіцієнту SDM.

Так приймемо, що дійсним (збуреним) умовам стрільби відповідають величини

$$C_{spin}, a_1, a_2, \dots, a_i, \quad (2)$$

розрахунковим (незбуреним) умовам – величини

$$C_{spin_N}, a_{1N}, a_{2N}, \dots, a_{iN}, \quad (3)$$

де a_i – параметри, які характеризують балістичні, метеорологічні та геофізичні умови стрільби.

Повна горизонтальна дальність дійсної траєкторії розглядається як функція величин (2), а повна горизонтальна дальність розрахункової траєкторії – функція величин (3).

Послідовність оцінки впливу аеродинамічного коефіцієнту SDM на дальність польоту снаряда наступна:

а) система диференціальних рівнянь, яка описує просторовий рух снаряда при умовах стрільби, де змінюється значення аеродинамічного коефіцієнту SDM, решта залишається незмінними, інтегрується чисельним методом, в процесі рішення якої визначається повна горизонтальна дальність

$$D = D(C_{spin}, a_1, a_2, \dots, a_i, \dots); \quad (4)$$

б) інтегруються рівняння, які характеризують рух снаряда за розрахунковими (незбуреними) умовами та визначається повна горизонтальна дальність

$$D_N = D(C_{spin_N}, a_{1N}, a_{2N}, \dots, a_{iN}, \dots); \quad (5)$$

в) розузгодження (похибка) в значеннях повної горизонтальної дальності отримують як

$$\delta D = D(C_{spin}, a_1, a_2, \dots, a_i, \dots) - D_N(C_{spin_N}, a_{1N}, a_{2N}, \dots, a_{iN}, \dots). \quad (6)$$

Узагальнена схема методики оцінки впливу похибки в дальності польоту снаряда від зміни величини аеродинамічного коефіцієнту SDM та PDM наведена на рис. 3.

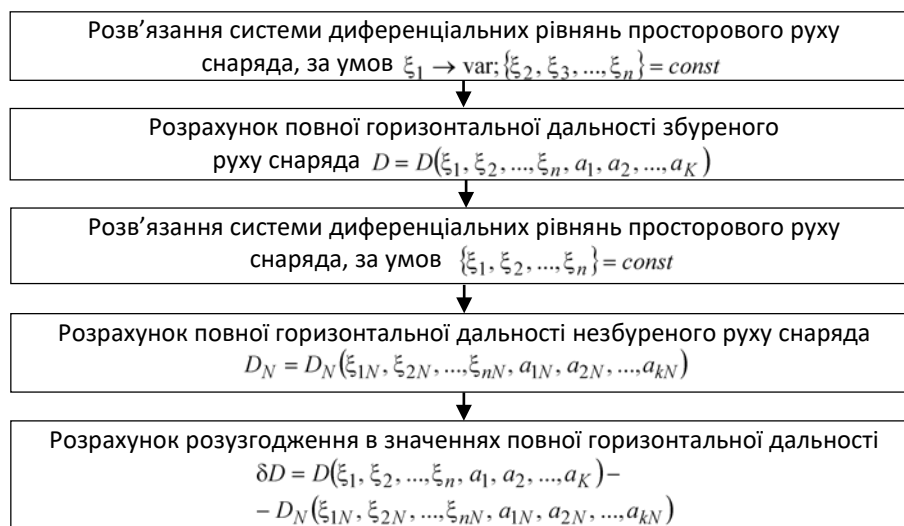


Рисунок 3 - Схема методики оцінки впливу похибки в дальності польоту снаряда від зміни величини аеродинамічного коефіцієнту SDM та PDM

Для реалізації наведеної методики та подальших розрахунків використана математична модель просторового руху 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000, одного з сімейства перспективних артилерійських снарядів південноафриканської фірми Denel Naschem – Assegai (Спис) M200X Series 155-mm Projectiles. Математична модель доповнена і аеродинамічними коефіцієнтами сил (моментів) снаряда та реалізована програмно на основі стандартної підпрограми чисельного інтегрування диференціальних рівнянь, написаною в програмному середовищі Maple [9-11]. Адекватність моделі підтверджується рішенням прямої балістичної задачі для 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000 при заданих табличних початкових умовах та порівняння основних параметрів польоту 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000, що розраховані за математичною моделлю та параметрів польоту цього снаряда, що розраховані BRL та прийняті за еталонні [12,13].

Основними початковими умовами математичного моделювання процесу польоту 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000 прийнято:

$$\theta_0 = 0; \varphi_0 = 1000 \text{ mil} = 0.982 \text{ rad}; g_1 = 0; g_2 = -9.80665 \text{ м/с}^2; g_3 = 0, \quad (7)$$

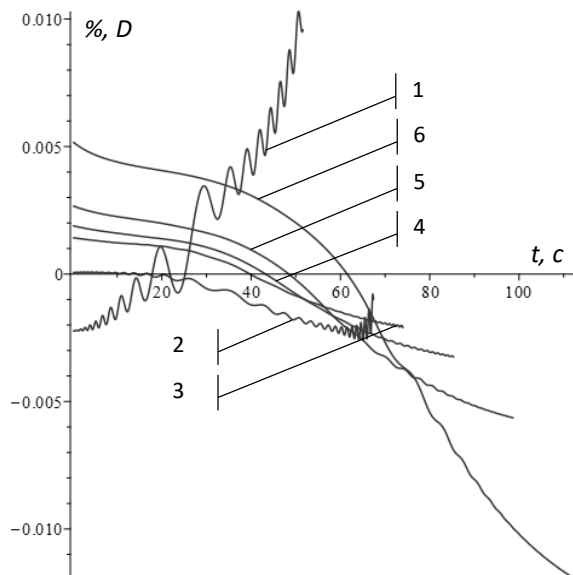
де θ_0, φ_0 – кути відхилення повздовжньої вісі ствола гармати відповідно в горизонтальній та вертикальній площинах; g_1, g_2, g_3 – складові прискорення сили тяжіння.

Для більш детальної оцінки впливу аеродинамічного коефіцієнту SDM на дальність польоту снаряда, чисельний експеримент проведений для 6-ти швидкостей польоту снаряда (від мінімальної до максимальної):

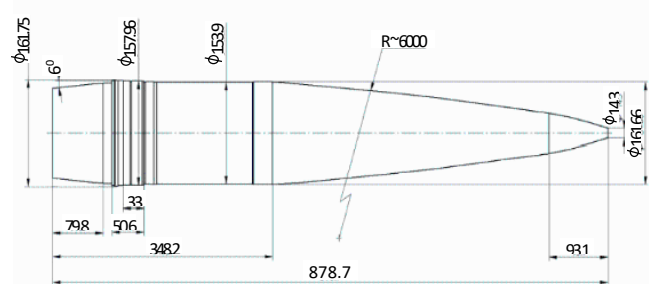
$$v_0 \in \{308; 465; 545; 673; 811; 944\} \text{ м/с.} \quad (8)$$

На рис. 4 представлені результати чисельного моделювання математичної моделі польоту 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000 у вигляді сімейства залежностей відносної похибки в дальності його польоту від початкової швидкості (7, 8), за умови зміни аеродинамічного коефіцієнту C_{spin} на 1%. Загальний вид та геометричні характеристики 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000 наведені на рис. 4 б.

Найбільша похибка в дальності польоту снаряда спостерігається при стрільбі на максимальному заряді (швидкість польоту снаряда 944 м/с) та мінімальному заряді (швидкість польоту снаряда 308 м/с) (рис. 4 а). Так, на максимальному заряді зміна аеродинамічного коефіцієнта C_{spin} снаряда призводить до відхилення в дальності польоту, яке досягає 0.012%D, відповідно на мінімальному заряді – 0.01%D. Вплив аеродинамічного коефіцієнта C_{spin} на проміжних зарядах проявляється значно в меншій формі, та не перевищує значення – 0.005%D.



а) коефіцієнт моменту гасіння швидкості
обертання снаряда C_{spin}



б) геометричні розміри 155-мм ОФ снаряда
Assegai M2000

Рисунок 4 - Графіки відносної похибки в дальності польоту снаряда від зміни аеродинамічного коефіцієнту моменту C_{spin} на 1% 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000.

1 – 944 м/с; 2 – 811 м/с; 3 – 673 м/с; 4 – 545 м/с; 5 – 465 м/с; 6 – 308 м/с

2. Оцінка впливу аеродинамічного коефіцієнту PDM на дальність польоту снаряда. PDM, як і сила, що його утворює, складається з двох частин: одна частина, пропорційна поперечній складовій кутової швидкості снаряда; друга частина пропорційна швидкості нутаційних коливань (зміни кута нутації), визначається векторним рівнянням [1,7-8]:

$$\mathbf{PDM} = \left(\frac{\rho d^4 \pi}{8 I_y} \right) \left(C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}} \right) \mathbf{v} [\mathbf{H} - (\mathbf{H} \cdot \mathbf{x}) \mathbf{x}], \quad (9)$$

де I_y – екваторіальний момент інерції снаряда; C_{M_q} – коефіцієнт моменту демпфування пов'язаного з поперечною складовою кутової швидкості снаряда; $C_{M_{\dot{\alpha}}}$ – коефіцієнт моменту демпфування пов'язаного з швидкістю нутаційних коливань снаряда.

Хоча сила демпфування, як правило, незначна, момент завжди повинен бути врахований через його вплив на динамічну стійкість снаряда. Для динамічної стійкості сума коефіцієнтів моменту демпфування ($C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}}$) повинна бути від'ємною. На рис. 5 показаний напрямок SDM, який знаходиться в екваторіальній площині та призводить до зменшення затухання нутаційних коливань снаряда.

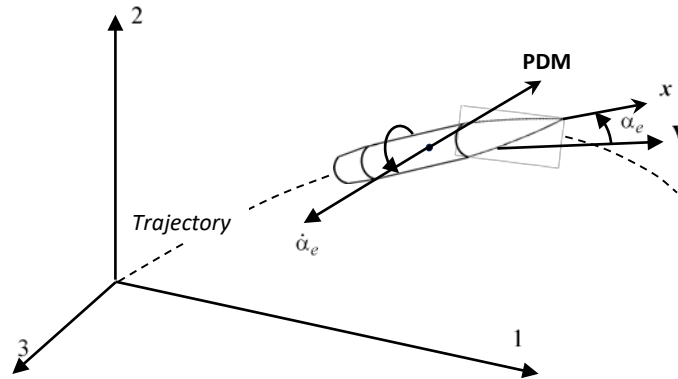


Рисунок 5 - Дія PDM на снаряд у польоті

Результати чисельного моделювання математичної моделі польоту 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000 у вигляді сімейства залежностей відносної похибки в дальності його польоту від початкової швидкості, за умови зміни аеродинамічних коефіцієнтів ($C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}}$) на 1% представлені на рис. 6.

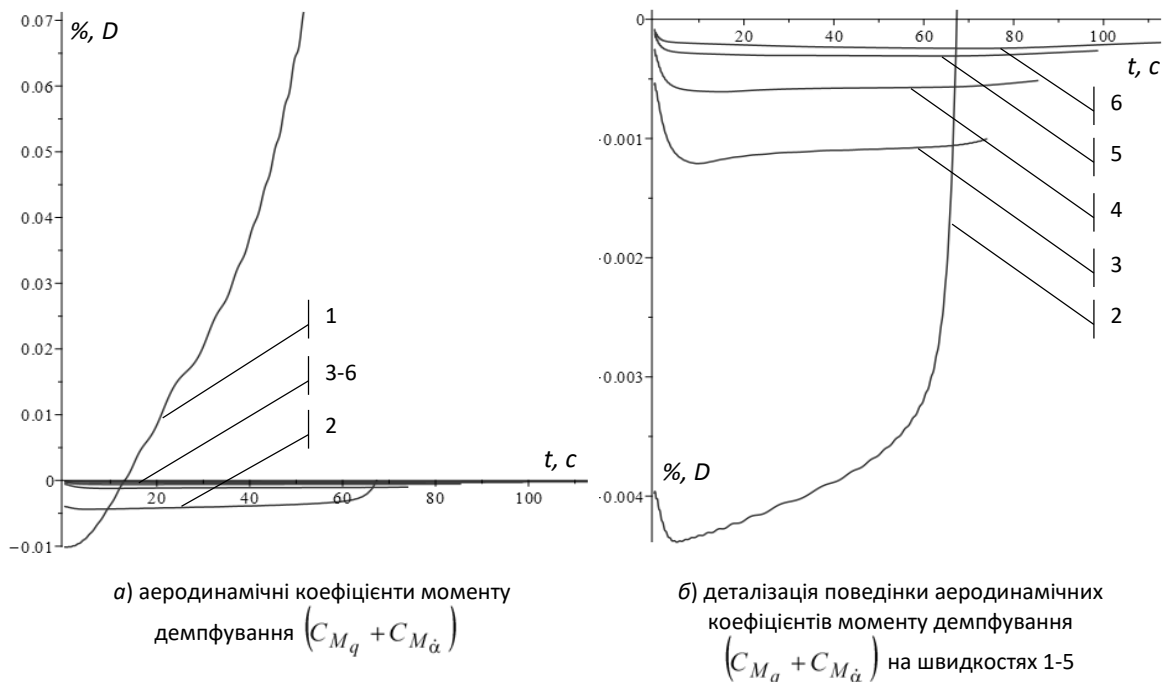


Рисунок 6 - Графіки відносної похибки в дальності польоту снаряда від зміни аеродинамічних коефіцієнтів ($C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}}$) на 1 % 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000.

1 – 944 м/с; 2 – 811 м/с; 3 – 673 м/с; 4 – 545 м/с; 5 – 465 м/с; 6 – 308 м/с

Найбільша похибка в дальності польоту снаряда спостерігається на мінімальному заряді (швидкість польоту снаряда 308 м/с), відповідно найменші – на максимальному заряді (швидкість польоту снаряда 944 м/с) (рис. 6 а). Так, на мінімальному заряді зміна величини аеродинамічних коефіцієнтів $(C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}})$ призводять до відхилення, яке досягає 0.07%D, відповідно на максимальному заряді – 0.0001%D.

На рис. 6 б представлено деталізацію відносних похибок на швидкостях польоту снаряда (944-465) м/с, значення яких знаходяться в межах (0,0001-0.001)%D.

Висновки. Сьогодні при розрахунках траєкторій польоту снарядів актуальним питанням є визначення та представлення складових демпфуючого моменту (SDM, PDM) в системі диференціальних рівнянь просторового руху снарядів.

В статті представлені результати чисельного моделювання залежностей відносної похибки дальності польоту 155-мм ОФ снаряда Assegai M2000 від зміни величини їх аеродинамічних коефіцієнтів C_{spin} та $(C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}})$, показано, що:

для аеродинамічного коефіцієнту C_{spin} , найбільша похибка в дальності польоту снаряда спостерігається при стрільбі на максимальному та мінімальному зарядах. Так, на максимальному заряді похибка досягає 0.012%D, відповідно на мінімальному заряді – 0.01%D. Вплив на проміжних зарядах проявляється значно в меншій формі, та не перевищує значення – 0.005%D;

для аеродинамічного коефіцієнту $(C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}})$, найбільша похибка в дальності польоту снаряда спостерігається на мінімальному заряді, відповідно найменші – на максимальному заряді. Так, на мінімальному заряді похибки аеродинамічних коефіцієнтів $(C_{M_q} + C_{M_{\dot{\alpha}}})$ призводить до відхилення, яке досягає 0.07%D, відповідно на максимальному заряді – 0.0001%D.

Подальшим напрямком досліджень є розробка методики оцінки потрібної точності визначення аеродинамічних коефіцієнтів PDM та SDM для забезпечення заданої точності стрільби артилерійськими системами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. McCoy R. L. Modern Exterior Ballistics. Atglen, PA. : Schiffer Military History, 2012. 328 p.
2. Дмитриевский А. А., Лисенко Л. Н. Внешняя баллистика. М. : Машиностроение, 2005. 607 с.
3. Carlucci D. E., Jacobson S. S. Ballistics, theory and design of guns and ammunition : book. London, New York : Taylor & Francis Group, 2007. 514 p.
4. Грабчак В. І., Бондаренко С. В. Оцінка точності визначення серединної похибки розрахунку опорної дальності артилерійських стрільб. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. Наук. Журнал. К. : НУОУ. 2015. №1 (22). С. 50-54. DOI:[https://doi.org/10.33099/2311-7249/2015-0-1\(22\)-50-54](https://doi.org/10.33099/2311-7249/2015-0-1(22)-50-54).9.2013.13-19.
5. Баллистика ствольных систем / [Бурлов В. В., Грабин В. В., Козлов А. Ю. и др.]; под ред. Л. Н. Лысенко и А. М. Липанова. М. : Машиностроение, 2006. 461 с.
6. Биматов В. И., Савкина Н. В., Тимченко С. В., Фарапонов В. В. Основы экспериментальной внешней баллистики. Томск : STT, 2017. 122 с.
7. STANAG 4355 (Edition 3), The modified point mass and five degrees of freedom trajectory models: NSA10454(2009)-JAIS/4355, dated 17 April 2009. 95 p. (NATO Standardization Agency).
8. Бубенчиков Р.В., Бондаренко С.В. Математична модель польоту снаряда як модифікована модель матеріальної точки у явній формі. Зб. наук. праць НАНГУ. Харків : 2023. Вип. 2 (42) 2023. С. 24-33. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2023/2/42/293335>
9. Kincaid D. Numerical analysis. Brooks : Cole Publishing Company. 1991. 690 p.
10. Аладьев В. З., Бойко В. К., Ровба Е. А. Программирование и разработка приложений в Maple: монограф. Гродно: ГрГУ. Таллинн : Межд. Акад. Ноосферы, Балт. Отд., 2007. 458 с.

- 11.Майданюк В. А., Бондаренко С. В., Грабчак В. І. Аналітичні функції нелінійних параметрів польоту снаряда. 36. наук. праць. Одеса : ВА (Одеса). 2023. Вип. 1 (19)2023. С. 5-16 DOI:<https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.19.5-16>
- 12.Baranowski L. Modeling, Identification and Numerical Study of the Flight Dynamics of Ballistic Objects for the Need of Field Artillery Fire Control Systems. Military University of Technology, Warsaw, 2011. P. 258.
- 13.Baranowski L., Gadomski B., Majewski P. and Szymonik J. Explicit «ballistic M-model»: a refinement of the implicit «modified point mass trajectory model». Bulletin of the Polish Academy of sciences technical sciences. 2016. Vol. 64, No. 1, pp. 81 – 89. DOI: 10.1515/bpasts-2016-0010.

REFERENCES:

1. McCoy, R. L. (2012) "Modern Exterior Ballistics. Atglen", Schiffer Military History,. 328 p.
2. Dmitrievskii, A. A., & Lisenko, L. N. (2005), "Vneshnyaya ballistika" [Exterior ballistics]. M. Mashinostroenie. 607p.
3. Carlucci, D. E., Jacobson, S. S. (2007), "Ballistics, theory and design of guns and ammunition". book. London, New York : Taylor & Francis Group,. 514 p.
4. Hrabchak, V. I., Bondarenko, S. V. (2015) "Otsinka tochnosti vyznachennia seredynnoi pokhybky rozrakhunku opornoї dalnosti artyleriyskykh strilb" [Assessment of the accuracy of determining the median error of calculating the reference range of artillery fire], Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony. Nauk. Zhurnal. K. NUOU. №1 (22). pp. 50-54. DOI:[https://doi.org/10.33099/2311-7249/2015-0-1\(22\)-50-54.9.2013.13-19](https://doi.org/10.33099/2311-7249/2015-0-1(22)-50-54.9.2013.13-19).
5. Burlov, V. V., Grabin, V. V., Kozlov, A. Yu. i dr.]; pod red. L. N. Lisenko, i A. M. Lipanova, M. (2006), "Ballistika stvolnykh system" [Ballistics of barrel systems] M. Mashinostroenie. 461 p.
6. Bimatov, V. I., Savkina, N. V., Timchenko, S. V., Faraponov, V. V. (2017), "Osnovi eksperimentalnoi vneshnei ballistiki" [Basics of experimental external ballistics]. Tomsk STT. 122 p.
7. STANAG 4355 (Edition 3), (2009), The modified point mass and five degrees of freedom trajectory models: NSA10454(2009)-JAIS/4355, dated 17 (NATO Standardization Agency). 95 p.
8. Bubenshchykov R.V., Bondarenko S.V. (2023), Matematychna model polotu snariada yak modyfikovana model materialnoi tochky u yavnii formi. Zb. nauk. prats NANHU. Kharkiv. 2023. Vyp. 2 (42) 2023. pp. 24-33. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2023/2/42/293335>
9. Kincaid, D. (1991) Numerical analysis. Brooks : Cole Publishing Company.. 690 p.
- 10.Aladev, V. Z., Boiko, V. K., Rovba, Ye. A. (2007), Programmirovanie i razrabotka prilozhenii v Maple [Programming and development of applications in Maple]. Tallinn: HrHU Mezhd. Akad. Noosferi, Balt. Otd Publ. 458 p.
- 11.Maidaniuk, V. A., Bondarenko, S. V., Hrabchak, V. I. (2023), "Analiticheskie funktsii nelineynykh parametrov polotu snariada", [Analytical functions of nonlinear projectile flight parameters], Zb. nauk. prats. Odessa : VA (Odessa). Vyp. 1(19) pp. 5-16. DOI:<https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.19.5-16>.
- 12.Baranowski, L. (2011) "Modeling, Identification and Numerical Study of the Flight Dynamics of Ballistic Objects for the Need of Field Artillery Fire Control Systems". Military University of Technology, Warsaw, p. 258.
- 13.Baranowski L., Gadomski B., Majewski P. and Szymonik J. (2016) Explicit «ballistic M-model»: a refinement of the implicit «modified point mass trajectory model». Bulletin of the Polish Academy of sciences technical sciences. 2016. Vol. 64, No. 1, pp. 81 – 89. DOI: 10.1515/bpasts-2016-0010.

Ph.D. Bondarenko S.V., Ph.D. Sergeev O.S., Kosovtsov A.Y.

INFLUENCE OF THE POLAR AND EQUATORIAL DAMPING MOMENTS OF THE PROJECTILE ON ITS FLIGHT DISTANCE

A relevant and important issue in the calculation of projectile flight trajectories is the definition and presentation of the equatorial and polar damping moments in the system of differential equations of spatial motion of projectiles. It is shown that the damping moments are determined by the shape and orientation of the projectile, the nature of the flow, the type of boundary layer and its interaction with shock waves, the speed, the height of the projectile and its nutation angle. To evaluate the influence of the aerodynamic coefficients of the equatorial and polar damping moments (their aerodynamic coefficients) on the flight range of the projectile, the method of differences is used, which consists in solving the system of differential equations of the spatial motion of the projectile so that changing the value of the aerodynamic coefficient results in a change in the flight range. Numerical modeling of the dependence of the flight range of the 155-

mm HE Assegai M2000 projectile on the change in the aerodynamic coefficients of the equatorial and polar damping moments by 1% was carried out. It is shown that the aerodynamic coefficient of the polar damping moment creates the largest errors in the range at the maximum and minimum charges, namely, at the maximum charge the error reaches 0.012%D, at the minimum charge – 0.01%D, the effect on intermediate charges is manifested in a much smaller form, and not exceeds the value of 0.005%D. The largest error in the flight range of the projectile from the aerodynamic coefficient of the equatorial damping moment is observed at the maximum charge, the deviation reaches 0.07%D, the smallest error at the minimum charge is 0.0001%D. The obtained results make it possible to estimate the required accuracy of determining the aerodynamic coefficients of the equatorial and polar damping moments under different firing conditions of artillery systems.

Key words: artillery projectile, polar moment, equatorial moment, aerodynamic coefficients, firing range, relative error, difference method.

ВИБІР НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО КЛАСИФІКАТОРА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ АНАЛІЗУ СИГНАЛІВ РЕБ ТА ШТУЧНИХ ЗАВАД

В даний час актуальною задачею є забезпечення якісного керування безпілотними літальними апаратами та передачі достовірної інформації в складній завадовій обстановці. Особливу актуальність дана задача набуває при застосуванні навмисних завад у вигляді сигналів протидії.

Для виявлення і локалізації потужних джерел паразитного сигналу застосовуються різні методи, включаючи: методи аналізу в часовій області: аналіз спектру сигналу, аналіз кореляційної функції, аналіз фазового зсуву; методи аналізу в частотній області: аналіз амплітудної характеристики сигналу, аналіз фазової характеристики сигналу, аналіз спектральної щільності потужності; методи аналізу в просторовій області: аналіз спрямованості антени, аналіз рівня сигналу в різних точках простору.

Аналіз сигналів, які зазнають впливу РЕБ та штучних завад, є складною задачею. Традиційні методи аналізу сигналів часто не є ефективними для розв'язку такої задачі, оскільки вони не можуть враховувати складні характеристики РЕБ та штучних завад.

Нейромережеві класифікатори є перспективним інструментом для аналізу сигналів з РЕБ та штучними завадами. Нейромережі можуть навчатися на великих наборах даних і виявляти складні закономірності, які неможливо виявити за допомогою традиційних методів.

Дана стаття описує процес вибору нейромережевого класифікатора для аналізу сигналів РЕБ та штучних завад. Розглядаються різні фактори, які слід враховувати при виборі архітектури нейромережі, алгоритму навчання та параметрів мережі.

У роботі представлено аналітичний огляд нейромережевих класифікаторів, їх різноманітності та особливості, а також обрано оптимальний для вирішення поставленої задачі.

Ключові слова: нейромережі, нейромережеві класифікатори, аналіз сигналів РЕБ, штучні завади, радіоелектронна боротьба.

Вступ. В сучасному світі, радіоелектронна боротьба (РЕБ) та штучні завади (ШЗ) відіграють все більш значущу роль, створюючи серйозні виклики для систем радіочастотного зв'язку та локації. Аналіз сигналів РЕБ та ШЗ є важливим завданням, яке дозволяє виявляти та класифікувати різні типи загроз, а також розробляти ефективні методи протидії.

Одним із перспективних методів вирішення даної задачі є використання нейромережевих класифікаторів. Нейромережі володіють високою гнучкістю та здатністю навчатися на великих обсягах даних, що робить їх цінним інструментом для аналізу складних сигналів.

Актуальність теми. Актуальність даної теми обумовлена наступними факторами:

- зростанням використання РЕБ та ШЗ в сучасних військових конфліктах;
- необхідністю розробки ефективних методів протидії РЕБ та ШЗ для забезпечення стійкості систем радіочастотного зв'язку та локації;
- високим потенціалом нейромережевих класифікаторів для вирішення складних задач аналізу сигналів.

Мета та завдання дослідження. Метою даного дослідження є розробка рекомендацій щодо вибору нейромережевого класифікатора для вирішення завдання аналізу сигналів РЕБ та ШЗ.

Завдання дослідження:

- проаналізувати різні типи нейромережевих класифікаторів та їхні характеристики;
- оцінити переваги та недоліки різних нейромережевих класифікаторів для аналізу сигналів РЕБ та ШЗ;
- розробити рекомендації щодо вибору оптимального нейромережевого класифікатора для вирішення конкретного завдання.

Нейромережа - це математична модель, яка імітує структуру та функціонування біологічних нейронних мереж з метою вирішення різноманітних задач, таких як класифікація, регресія, прогнозування та генерація [4, 5].

В основі нейронних мереж лежать штучні нейрони, які з'єднані між собою подібно до того, як нейрони з'єднані в мозку. Нейрони отримують сигнали, обробляють їх і передають далі іншим нейронам. Сила сигналу регулюється вагою з'єднання. Нейрони організовані в шари, які виконують різні обчислення.

Навчаючись на даних, штучні нейронні мережі (ШНМ) налаштовують ваги з'єднань, щоб покращити свою роботу. Інформація проходить через шари мережі, трансформуючись на виході [1-5]. Графічне зображення штучної нейронної мережі представлено на рисунку 1.

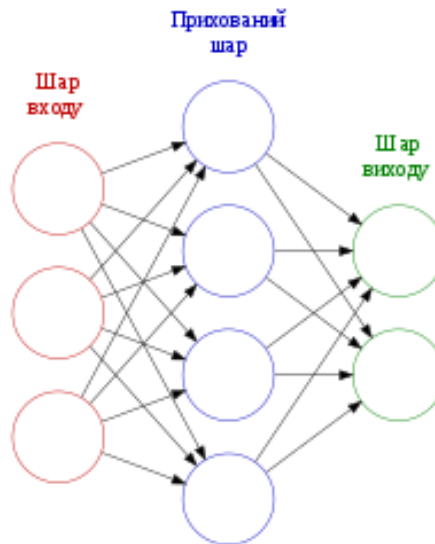


Рисунок 1 . Графічне зображення ШНМ

З рисунку 1. Видно, що кожна кругла вершина подає штучний нейрон, а стрілка подає з'єднання виходу одного штучного нейрону з входом іншого.

ШНМ здатні виконувати складні завдання, такі як розпізнавання образів, прогнозування, переклад мов та ін. Їх використовують у багатьох сферах, включаючи комп'ютерний зір, медицину та фінанси. ШНМ - це галузь досліджень, яка постійно та динамічно розвивається, що робить їх все більш потужними.

Нейромережеві класифікатори є потужним інструментом машинного навчання, що використовується для розв'язання завдань класифікації. Вони базуються на штучних нейронних мережах, які можуть виявляти складні залежності в даних. Теоретичні основи цих класифікаторів можна розділити на кілька основних компонентів [6]:

1. Архітектура нейронної мережі

Пряме поширення (Feedforward Neural Networks) - це базова форма нейронної мережі, що складається з вхідного шару, одного або більше прихованих шарів та вихідного шару. Кожен шар складається з нейронів, що з'єднані між собою ваговими коефіцієнтами. Графічне зображення нейромережі зображене на рисунку 2 (зеленим кольором позначені вхідні нейрони, блакитним – приховані нейрони та жовтим – вихідний нейрон) [7].

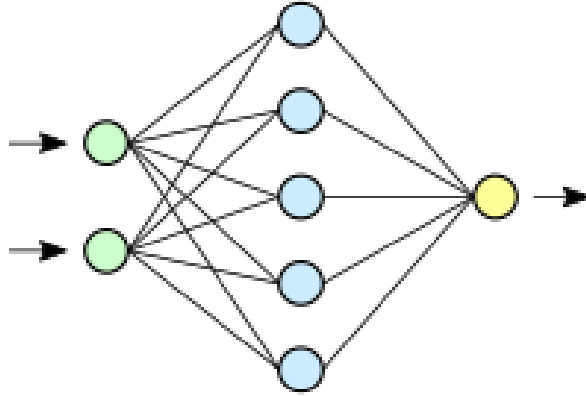


Рисунок 2. Схема простої нейронної мережі.

Рекурентні нейронні мережі (RNN, Recurrent Neural Networks) - це нейронні мережі, де зв'язки між елементами можуть формувати орієнтовані цикли, що дозволяє зберігати інформацію про попередні стани мережі. Вони часто використовуються для обробки послідовностей даних [8].

Конволюційні нейронні мережі (CNN, Convolutional Neural Networks) – це клас глибоких штучних нейронних мереж прямого поширення. CNN використовуються в основному для обробки зображень. Вони включають конволюційні шари, що здатні автоматично виявляти важливі особливості вхідних даних за допомогою фільтрів [9,10].

2. Процес навчання

Функція втрат. Функція втрат (або функція помилки) оцінює, наскільки добре модель виконує своє завдання. У випадку класифікації найчастіше використовуються функції крос-ентропії або сумарної квадратичної похибки.

Оптимізація. Оптимізація в нейронних мережах зазвичай здійснюється за допомогою методу зворотного поширення похибки (backpropagation) та методів градієнтного спуску (Gradient Descent). Градієнтний спуск може бути реалізований в різних варіантах, таких як стохастичний градієнтний спуск (SGD), градієнтний спуск з імпульсом (Momentum), Adam та інші [11].

3. Активаційні функції

Активаційні функції визначають вихід нейрона в залежності від його вхідних сигналів. Деякі з найбільш поширених активаційних функцій включають [10]:

$$\text{Сигмоїдна функція: } \sigma'(x) = \sigma(x) \cdot (1 - \sigma(x)) \quad (1)$$

$$\text{Зрізаний лінійний вузол (ReLU Rectified Linear Unit) : } f(x) = x^+ = \max(0, x) \quad (2)$$

$$\text{Гіперболічний тангенс (tanh) : } \tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (3)$$

4. Регуляризація

Регуляризація застосовується для запобігання перенаванчання (overfitting) моделі. Основні методи включають:

L_1 та L_2 регуляризація : додають до функції втрат штрафи до ваги.

Виключення (dropout) випадковим чином «вимикає» деякі нейрони під час навчання, що допомагає зменшити взаємозалежність нейронів [11, 12].

5. Оцінка ефективності

Для оцінки ефективності класифікаторів використовуються різні метрики, такі як повнота (recall), точність (precision), F-міра (F1-score) та інші. Важливим аспектом є також оцінка на основі крос-валідації, яка дозволяє уникнути переоцінки моделі [13].

6. Гіперпараметри

Гіперпараметри, такі як розмір міні-батчів, швидкість навчання, кількість шарів і нейронів в шарах, значно впливають на ефективність нейронної мережі. Їх налаштування зазвичай виконується методом проб і помилок або за допомогою методів автоматичного пошуку, таких як пошук по сітці (grid search) чи випадковий пошук (random search).

Ці основи складають базу для розуміння роботи нейромережевих класифікаторів і їх застосування у різних завданнях машинного навчання [14, 15].

Переваги та недоліки різних типів нейромережових класифікаторів

1. Згорткові нейронні мережі (CNN):

Переваги:

- Локальність ознак. CNN ефективно розпізнають локальні шаблони в зображеннях завдяки використанню згорткових шарів, які здатні виділяти ознаки у різних частинах зображення.
- Інваріантність до трансформацій. Через використання пулінгових шарів, CNN можуть бути стійкими до зсувів, масштабування та інших трансформацій зображення.
- Параметрична ефективність. Використання відносно невеликої кількості параметрів за допомогою згорткових та пулінгових шарів дозволяє зменшити ризик перенавчання та поліпшити швидкість навчання.

Недоліки:

- Потреба в об'ємних даних. CNN можуть потребувати значний обсяг даних для навчання, особливо для розпізнавання складних класів об'єктів.
- Обмеженість застосування: Вони не завжди ефективні для обробки даних інших типів, таких як текст або часові ряди.

2. Рекурентні нейронні мережі (RNN):

Переваги:

- Моделювання послідовностей. RNN ефективно працюють з даними, які мають послідовний характер, такими як тексти або часові ряди.
- Контекстуальне розуміння. Здатність до врахування контексту та залежностей між елементами послідовності, що дозволяє їм здійснювати кращу передбачення на основі попереднього контексту.

Недоліки:

- Проблеми з довгостроковим залежностями. RNN можуть мати проблеми з довгостроковим запам'ятовуванням, так як градієнт може зникати при тренуванні на довгих послідовностях.
- Обчислювальні затрати та ефективність. Вони можуть бути дорогими в обчислювальному відношенні та менш ефективними в порівнянні з іншими архітектурами для деяких завдань.

3. Мережі довгої короткочасної пам'яті (LSTM) та відкидаючі ворота (GRU) (види RNN):

Переваги:

- Розв'язання проблем з градієнтом. Вони вирішують проблеми з довгостроковим запам'ятовуванням шляхом використання спеціальних структур пам'яті.
- Ефективне навчання на довгих послідовностях. Вони можуть бути ефективнішими при тренуванні на довгих послідовностях порівняно зі звичайними RNN.

Недоліки:

- Обчислювальна складність. LSTM та GRU вимагають більше обчислювальних ресурсів та часу для тренування порівняно зі звичайними RNN.

Вибір нейромережового класифікатора для вирішення поставленого завдання.

Використаємо дані про РЕБ -антидрон системи, щоб обрати класифікатор. РЕБ-антидрон системи працюють на різних частотах, щоб протидіяти широкому спектру БПЛА: наприклад, 900 МГц використовується для зв'язку між ПДУ та дроном, 1,5 ГГц – для GPS-навігації, 2,4 ГГц – для Wi-Fi та Bluetooth, 5,8 ГГц – для передачі відео з камери дрона [16].

Як видно з вище зазначеної інформації, РЕБ-антидрон системи працюють на різних частотах, що ускладнює вибір нейромережового класифікатора. Один класифікатор може не здатний ефективно аналізувати сигнали на цих частотах. Тому було розроблено такі **рекомендації по вибору класифікатора:**

1. Використання мультимодального підходу:

– Потрібно розділити аналіз на декілька завдань, кожне з яких буде зосереджено на конкретній частоті. Наприклад, можна використовувати один класифікатор для аналізу сигналів на 900 МГц, інший – для аналізу сигналів на 1.5 ГГц, тощо;

– Використання мультимодальної нейромережі, яка здатна обробляти дані з різних частот одночасно.

2. Вибір класифікатора з урахуванням характеристик сигналу:

– Для аналізу сигналів з вузькою смугою пропускання, таких як сигнали GPS, можна використовувати класифікатори, засновані на згорткових нейронних мережах (CNN).

– Для аналізу сигналів з широкою смугою пропускання, таких як відеосигнали, можна використовувати класифікатори, засновані на рекурентних нейронних мережах (RNN).

3. Використання методів злиття даних:

– Потрібно об'єднати результати аналізу з різних частот, щоб отримати більш комплексну картину.

4. Додаткові фактори, які потрібно враховувати:

– Кількість та якість даних, що використовуються для навчання кожного класифікатора.

– Обчислювальні ресурси, доступні для роботи класифікаторів.

– Потреба в режимі реального часу.

Виходячи з розроблених рекомендацій випливає, що не існує універсального рішення, яке б розв'язало всі задачі. Найкращий спосіб вибрати оптимальний класифікатор – це експериментувати з різними підходами та налаштовувати їх параметри відповідно до ваших наявних даних та потреб.

Висновки. В статті проведено огляд різних нейромережевих класифікаторів та їх особливостей. Розглянуто переваги та недоліки конкретних класифікаторів. Розроблено рекомендації з підбору підходящого класифікатора. Вибір нейромережевого класифікатора для аналізу сигналів РЕБ та штучних завод є складним завданням, яке залежить від багатьох факторів. У цій статті були розглянуті деякі з ключових факторів, які слід врахувати при виборі класифікатора.

Важливо зазначити, що не існує універсального класифікатора, який би підходив для всіх завдань. Тому, для отримання оптимальних результатів, може знадобитися експериментувати з різними класифікаторами та налаштувати їх параметри відповідно до конкретного завдання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дубровін В.І., Субботін С.О. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж: Навчальний посібник. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 136 с.
2. Haykin S. S. Neural networks and learning machines. 3rd ed. - Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2008.
3. Alpaydin E. Machine Learning, Revised and Updated Edition. - MIT Press, 2021. 280 p.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. - MIT Press, 2017. 800 p.
5. Ketkar N. Deep Learning with Python. - Berkeley, CA Apress, 2017. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2766-4>.
6. Montantes J. Deep Learning for Signal Processing: What You Need to Know. URL: <https://james-montantes-exxact.medium.com/deep-learning-for-signal-processing-what-you-need-to-know-af97e8f76355>.
7. Understanding Feed Forward Neural Networks With Maths and Statistics. URL: <https://www.turing.com/kb/mathematical-formulation-of-feed-forward-neural-network>.
8. Nielsen M. Neural Networks and Deep Learning. URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>
9. What are convolutional neural networks? URL: <https://www.ibm.com/topics/convolutional-neural-networks>.
10. A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects / Z. Li et al. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. 2021. P. 1–21. URL: <https://doi.org/10.1109/tnnls.2021.3084827>.
11. Функції активації: ступінчаста, лінійна, сигмоїда, ReLU та Tanh. URL: <https://robotdreams.cc/uk/blog/327-funkciji-aktivaciji-stupinchasta-liniyna-sigmojida-relu-ta-tanh>.
12. A Labach Survey of Dropout Methods for Deep Neural Networks / A. Labach, H. Salehinejad, S. Valaee. - 2019. - Available from: <https://arxiv.org/abs/1904.13310>.
13. Test Run - L1 and L2 Regularization for Machine Learning. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2015/february/test-run-l1-and-l2-regularization-for-machine-learning>.
14. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. NY Springer New York, 2016. 778 p.
15. Системи протидії дронам. URL: <https://drontech.com.ua/antidron-sistemi>.

16. What is a neural network? - GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/neural-networks-a-beginners-guide/#types-of-neural-networks> .

REFERENCES:

1. Dubrovin V.I., Subbotin S.O. Optimization methods and their application in neural network training problems: Study guide. - Zaporizhzhia: ZNTU, 2003. - 136 c.
2. Haykin S. S. Neural networks and learning machines. 3rd ed. - Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2008.
3. Alpaydin E. Machine Learning, revised and expanded edition. - MIT Press, 2021. 280 p.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. - MIT Press, 2017. 800 p.
5. Ketkar N. Deep learning with Python. - Berkeley, CA Press, 2017. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2766-4> .
6. Montantes J. Deep learning for signal processing: What you need to know. URL: <https://james-montantes-exxact.medium.com/deep-learning-for-signal-processing-what-you-need-to-know-af97e8f76355> .
7. Understanding feedforward neural networks with math and statistics. URL: <https://www.turing.com/kb/mathematical-formulation-of-feed-forward-neural-network> .
8. Nielsen M. Neural networks and deep learning. URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/> .
9. What are convolutional neural networks? URL: <https://www.ibm.com/topics/convolutional-neural-networks> .
10. Overview of convolutional neural networks: Analysis, applications and prospects / Z. Li et al. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. 2021. P. 1-21. URL: <https://doi.org/10.1109/tnnls.2021.3084827> .
11. Activation functions: step, linear, sigmoid, ReLU, and Tanh. URL: <https://robotdreams.cc/uk/blog/327-funkciji-aktivaciji-stupinchasta-liniyna-sigmojida-relu-ta-tanh>
12. Labah A. A review of sifting methods for deep neural networks / A. Labah, H. Salehinejad, S. Valae. - 2019. - Available at: <https://arxiv.org/abs/1904.13310> .
13. Test run - L1 and L2 regularization for machine learning. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2015/february/test-run-l1-and-l2-regularization-for-machine-learning> .
14. Bishop K. M. Pattern Recognition and Machine Learning. NY Springer New York, 2016. 778 p.
15. Systems for countering drones. URL: <https://drontech.com.ua/antidron-sistemi> .
16. What is a neural network? - GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/neural-networks-a-beginners-guide/#types-of-neural-networks> .

PhD Zhyrov G.B., PhD Kolcov R.Y., Dolinchuk K.O.

SELECTION OF A NEURAL NETWORK CLASSIFIER FOR SOLVING THE PROBLEM OF ANALYZING THE SIGNALS OF RB AND ARTIFICIAL INTERFERENCE

At present, the task of ensuring high-quality control of unmanned aerial vehicles and the transmission of reliable information in a complex interference environment is relevant. This task becomes especially important when intentional interference is used in the form of countermeasures.

Various methods are used to detect and localize powerful sources of parasitic signals, including: time domain methods: signal spectrum analysis, correlation function analysis, phase shift analysis; frequency domain methods: signal amplitude response analysis, signal phase response analysis, power spectral density analysis; spatial domain methods: antenna directivity analysis, signal strength analysis at different points in space.

Analyzing signals affected by EW and artificial interference is a challenging task. Traditional signal analysis methods are often ineffective for this task because they cannot take into account the complex characteristics of EW and artificial interference.

Neural network classifiers are a promising tool for analyzing signals with EW and artificial interference. Neural networks can learn from large datasets and detect complex patterns that cannot be detected by traditional methods.

This article describes the process of selecting a neural network classifier for analyzing EW and artificial interference signals. Various factors that should be considered when choosing a neural network architecture, training algorithm, and network parameters are discussed).

The paper presents an analytical review of neural network classifiers, their varieties and features, and selects the optimal one for solving the task.

Keywords: neural networks, neural network classifiers, electronic warfare signal analysis, artificial interference, electronic warfare.

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВІЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ МЕТОДАМИ

Одним з негативних наслідків ведення бойових дій є забруднення територій вибухонебезпечними предметами. Через значне забруднення територій десятків країн світу вибухонебезпечними предметами питання гарантованого розмінування стало світовою проблемою. Не є виключенням і Україна, яка в наслідок війни рф проти України стала самою замінованою країною світу. Найбільш складним завданням розмінування є пошук та виявлення вибухонебезпечних предметів в середовищах, що їх вкривають. В цих умовах ведуться пошуки методів та способів гарантованого виявлення вибухонебезпечних предметів. Одним з таких шляхів визначено розробка та впровадження безпілотних систем розмінування.

В роботі наведено результати теоретичних досліджень удосконалення математичної моделі виявлення вибухонебезпечних предметів. Розглянуто основні етапи процесу розмінування. Проведено аналіз досліджень, пов'язаних із процесами розмінування, зокрема пошуку та виявлення вибухонебезпечних предметів. За результатами проведеного аналізу існуючих досліджень в даній предметній галузі встановлено шляхи удосконалення математичних моделей виявлення вибухонебезпечних предметів - врахування показників надійності пошукового обладнання та рухомої платформи. Запропоновано підхід удосконалення математичних моделей визначення імовірності виявлення вибухонебезпечних предметів на прикладі пошукових елементів з радіохвильовим методом виявлення вибухонебезпечних предметів. Запропоновано використання даного підходу для визначення імовірності виявлення вибухонебезпечних предметів дистанційно-керованими (роботизованими) засобами (комплексами) розмінування, пошукові елементи яких працюють із використанням і інших електромагнітних методів пошуку та виявлення вибухонебезпечних предметів.

Ключові слова: вибухонебезпечні предмети, пошуковий елемент, методи виявлення, наземні безпілотні системи розмінування, надійність.

Вступ. Досвід війни рф проти України та воєнних конфліктів останніх десятиріч свідчить про суттєве зростання ролі мінної зброї, яке є результатом ефективності застосування мінно-вибухових загороджень за критерієм «ефективність-вартість» [1]. Відносна дешевизна мінної зброї призводить до широкомасштабного встановлення мінних полів і як наслідок небезпеки користування забрудненої місцевості протягом десятиліть. Окрім встановлених інженерних боєприпасів (мін) забруднення відбувається і іншими боєприпасами (артилерійськими, авіаційними, стрілецькими), які не вибухнули [2].

Проблемі розмінування забруднених територій вибухонебезпечними предметами (ВНП) як в світі так і в Україні приділяється достатньо велика увага [3-4]. На сьогоднішній день розроблено сотні пристроїв пошуку та виявлення ВНП. Проте, на жаль, в світі не існує жодного, який гарантовано виявляв ВНП з різних матеріалів, особливо з діелектриків або надзвичайно малим вмістом металу. Адже не виявлення хоча б одного ВНП тягне за собою небезпеку підризу людини або техніки. Тому врахування всіх факторів, які впливають на ефективність процесів розмінування є важливим завданням під час проведення досліджень в даній предметній галузі. Одним з таких напрямків є врахування надійності пошукового обладнання ВНП та рухомої платформи, на які вони встановлені.

Аналіз останніх досліджень та постановка задачі. Проблемі ефективного забезпечення виконання заходів розмінування як в світі, так і в Україні присвячено достатньо багато праць. Вони мають різну направленість від процесів пошуку та виявлення до ефективних способів подолання мінно-вибухових загороджень та суцільного розмінування місцевості. Проте,

враховуючи те, що одним з основних та складних етапів розмінування є пошук та виявлення ВВП, більшість праць направлено саме в цьому векторі. Аналіз праць щодо пошуку та виявлення показує, що вони сконцентровані на застосуванні існуючих методів виявлення ВВП як окремо так і у поєднанні, а також пошуку нових. Найбільш широко отримали розповсюдження електромагнітні методи виявлення ВВП. Так, роботи [5] присвячена аналізу методів виявлення ВВП, в середовищах, що їх вкривають. Роботи [6,7] присвячені обґрунтуванню застосування електромагнітних методів виявлення ВВП в середовищах, що їх вкривають. В роботах [8-11] розглядаються питання удосконалення математичних моделей пошуку та виявлення ВВП індукційним, радіохвильовим та радіолокаційним методами, на принципі яких працюють пошукові пристрої, які встановлені на екіпажні або безпілотні платформи. Для підвищення ефективності пошуку та виявлення ВВП в роботі [12] запропонований підхід до раціональної комбінації трьох методів виявлення ВВП. Проте, аналіз наведених праць показує, що запропоновані моделі має низку обмежень та не враховують окремі фактори, що впливають на ефективність процесів розмінування, зокрема не враховано показники надійності складових засобів (комплексів) розмінування.

Отже, **метою статті** є удосконалення математичних моделей пошуку та виявлення ВВП за рахунок врахування показників надійності пошукового обладнання та платформ, на яке воно встановлено.

Виклад основного матеріалу. Досвід ведення війни рф проти України показує, що не зважаючи на наявність різноманітних механізованих засобів розмінування ручний спосіб залишається основним, що знижує ефективність виконання бойових завдань з розмінування та становить велику небезпеку саперам. Такий стан перш за все пов'язаний із застарілістю існуючих засобів розмінування та їх недостатньою кількістю. Так, на озброєння Сил оборони України надходять різноманітні безпілотні засоби розмінування, але їх кількість обмежена і в основному їх можна використовувати під час гуманітарного розмінування. В цих умовах ведеться пошук ефективних рішень щодо розробки та застосування перспективних безпілотних систем розмінування з метою підвищити ефективність виконання завдань та усунути перебування людини на небезпечній місцевості. Враховуючи сучасний стан науково-технічного прогресу на сучасному етапі ці засоби можна віднести до наземних дистанційно-керованих (роботизованих) засобів (комплексів) розмінування (ДКРЗКР).

В загальному розумінні процес розмінування можна розділити на наступні етапи:
розвідка місцевості, об'єктів на наявність ВВП (пошук, виявлення, та ідентифікація ВВП, встановлення розмірів та характеристик МВЗ, пошук шляхів обходу МВЗ);
пророблення проходів в МВЗ (знищення або видалення за межі проходу ВВП);
суцільне розмінування місцевості (знищення або знешкодження та видалення ВВП);
перевірка якості розмінованої місцевості.

Необхідно зауважити, що від якості виконання першого етапу залежить виконання наступних. Пошук та виявлення ВВП є найбільш складним та відповідальним етапом розмінування і вимагає від засобів пошуку високої ефективності та гарантійної надійності.

Враховуючи велику кількість методів виявлення ВВП [5] можна зазначити, що підхід до визначення імовірності виявлення ВВП для багатьох з них залишається однаковим, зокрема, для групи електромагнітних методів. Тому в подальшому на прикладі одного з них розглянемо процес удосконалення математичної моделі виявлення ВВП.

Отже, серед різноманіття електромагнітних методів виявлення ВВП особливе місце займає радіохвильовий, який дозволяє виявляти предмети в корпусах з різних матеріалів, у тому числі і неметалевих, в середовищах, що їх вкривають [7, 13]. Тому на прикладі цього методу розглянемо удосконалення математичної моделі виявлення ВВП.

Аналіз досліджень застосування радіохвильового методу для пошуку ВВП [7,9,11,13] показує, що вони достатньо повно описують процес застосування цього методу. Проте, вони мають ряд обмежень та не враховують імовірнісні показники надійності як пошукового обладнання, так і рухомої платформи, на якому воно встановлено, що не дозволяє більш повно оцінити ефективність застосування даного методу в ДКРЗКР, призначення яких є пошук та виявлення ВВП.

Отже, ймовірність виявлення ВВП радіохвильовим способом P_{px} визначається як добуток ймовірностей попадання ВВП у зону дії пошукового обладнання та виявлення ВВП, при умові попадання ВВП у зону дії пошукового пристрою[9]:

$$P_{px} = P_n \cdot P_{в/н}, \quad (1)$$

де P_n - ймовірність потрапляння ВВП у зону дії пристрою;

$P_{в/н}$ - умовна ймовірність виявлення ВВП при їх попаданні в зону дії пошукового обладнання ДКРЗКР.

З урахуванням ймовірності безвідмовної роботи таких засобів показник ефективності пошукового обладнання пропонується обраховувати наступним чином:

$$P_{px} = P_n \cdot P_{в/н} \cdot P_{бр}, \quad (2)$$

$P_{бр}$ - ймовірність безвідмовної роботи ДКРЗКР.

В свою чергу ймовірність безвідмовної роботи ДКРЗКР обчислюється як добуток ймовірностей безвідмовної роботи пошукового обладнання (пристрою) $P_{но}$ і рухомої платформи P_{pn} з системами керування:

$$P_{бр} = P_{но} \cdot P_{pn}. \quad (3)$$

Ймовірність попадання ВВП у зону дії пошукового обладнання (рис. 1) встановленому на ДКРЗКР, визначається по показовому закону розподілу випадкової величини [11].

Згідно [9] визначається ймовірність попадання ВВП у зону дії пошукового обладнання (для варіанту з двох пошукових елементів). Ймовірність попадання ВВП у зону дії пошукового обладнання визначається за виразом [9,10]:

$$P_n = 1 - \exp(-\mu(nb + 2d)), \quad (4)$$

де μ - щільність мінування ВВП ділянки місцевості, m^{-2} ;

n - кількість пошукових елементів у пошуковому обладнанні;

b - ширина зони дії пошукового елемента, м;

d - діаметр небезпечної зони реагування підричника міни (ВВП), м.

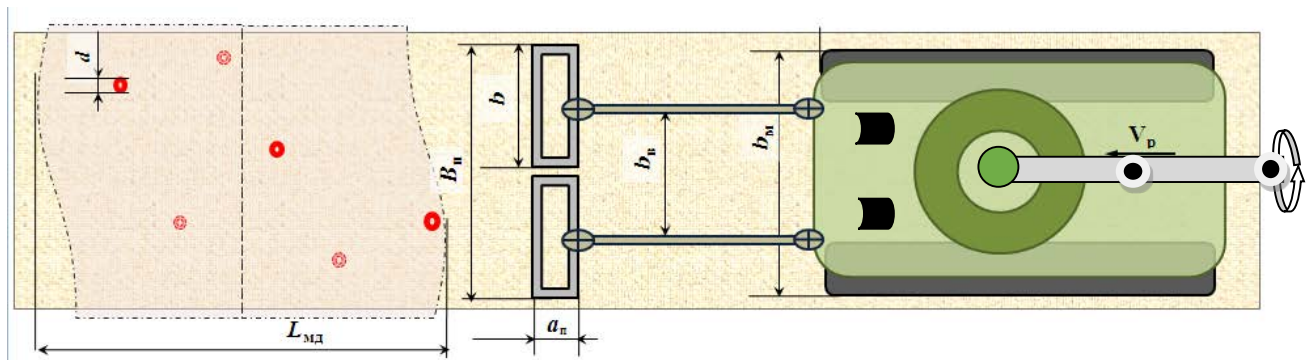


Рисунок 1 - Схема попадання ВВП у зону дії пошукового обладнання з двома пошуковими елементами, встановленого на ДКРЗКР

Ймовірність виявлення ВВП при умові попадання його у зону дії пошукового обладнання визначається за виразом [11]:

$$P_{в/п} = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{k_{\max} - m^*}{\sigma^* \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{k_{\min} - m^*}{\sigma^* \sqrt{2}} \right) \right], \quad (5)$$

де $k_{\max(\min)}$ - максимальне (мінімальне) значення, яке може приймати коефіцієнт відбиття радіохвиль для реально можливих умов;

m^* - математичне очікування коефіцієнту відбиття радіохвиль;

σ^* - середньоквадратичне відхилення коефіцієнту відбиття радіохвиль.

Математичне очікування коефіцієнту відбиття для поверхні розділу двох діелектричних середовищ буде визначатись як:

$$m^* = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n}, i = \overline{1...n}. \quad (6)$$

де k_i - значення коефіцієнту відбиття радіохвиль для вибірки очікуваних ґрунтових умов та типів ВНП;

n - кількість значень коефіцієнту відбиття радіохвиль для вибірки очікуваних ґрунтових умов та типу ВНП.

Дисперсія коефіцієнту відбиття для поверхні розділу двох діелектричних середовищ визначається за виразом:

$$D^* = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - m^*)^2}{n-1}, i = \overline{1...n}. \quad (7)$$

Середньоквадратичне відхилення коефіцієнту відбиття для поверхні розділу двох діелектричних середовищ:

$$\sigma^* = \sqrt{D^*}, \quad (8)$$

Згідно [9] коефіцієнт відбиття для поверхні розділу двох діелектричних середовищ здійснювати із врахуванням їх відносного діелектричного проникнення за виразом:

$$k_i = \frac{\sqrt{\varepsilon_{\text{ґр}i}} - \sqrt{\varepsilon_{\text{ВНП}}}}{\sqrt{\varepsilon_{\text{ґр}i}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{ВНП}}}}, \quad (9)$$

де $\varepsilon_{\text{ґр(ВНП)}}$ - відносне діелектричне проникнення ґрунту та ВНП [6].

В роботі [11] удосконалення моделі при визначенні умовної імовірності виявлення ВНП радіохвильовим способом пов'язане із врахуванням затухання радіохвиль (рис. 2) та глибини їх проникнення.

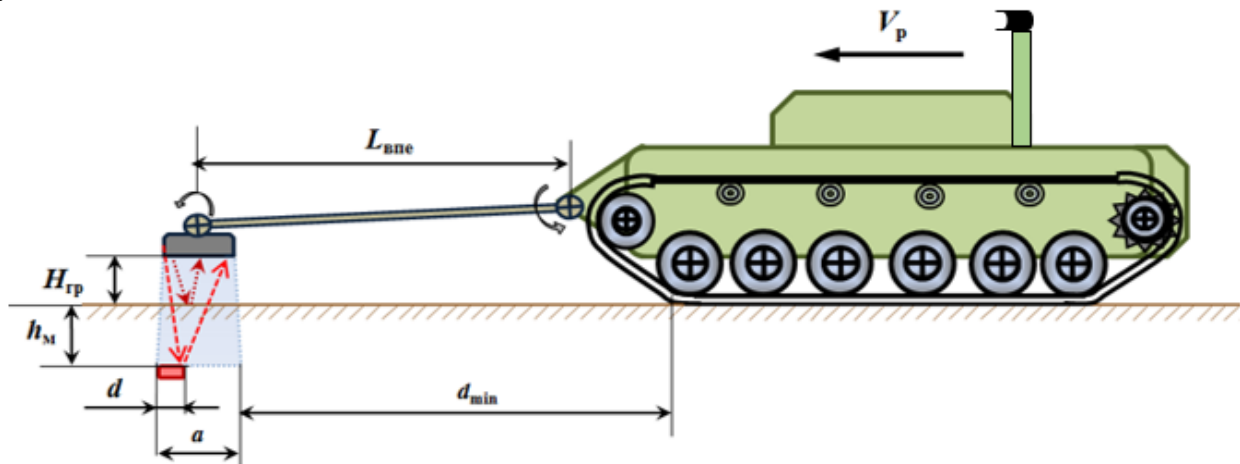


Рисунок 2 - Схема виявлення ДКРЗКР ВНП з обладнанням на основі радіохвильовими методу

Це в свою чергу впливає на технічні характеристики пошукового обладнання щодо глибини проникнення радіохвиль та глибини виявлення ВНП, для яких повинні виконуватись додаткові умови

$$h_m \leq l_{px} - H_{\text{ґр}}, \quad (10)$$

де l_{px} - максимальна відстань дії пошукового обладнання, м;

$H_{\text{ґр}}$ - висота встановлення пошукового обладнання над ґрунтом, м.

Максимальна відстань дії електромагнітної хвилі [14]:

$$l_{px} = \frac{V_{px}}{f_{вип}}, \quad (11)$$

де V_{px} - швидкість розповсюдження радіохвиль, м/с;

f_{px} - частота випромінювання радіохвиль, МГц.

Зазначені параметри використовуються для обґрунтування висоти розміщення пошукового обладнання над ґрунтом та для розрахунку ймовірності виявлення ВНП за умов попадання його зони дії пошукового обладнання, при цьому, якщо умова (10) виконується, то $P_{в/н}$ визначається за виразом (5), а якщо не виконується - $P_{в/н} = 0$.

Імовірність безвідмовної роботи ДКРЗКР відповідно до [15] запропоновано визначати за формулою:

$$P_n = \exp(-\lambda_g t), \quad (12)$$

де λ_g - інтенсивність виходу з ладу ДКРЗКР, год⁻¹;

t - час напрацювання ДКРЗКР, год.

Інтенсивність виходу з ладу визначають [15] статистично за формулою:

$$\lambda_g = \frac{1}{t_g}, \quad (13)$$

де t_g - час напрацювання до відмови ДКРЗКР, год.

Таким чином, удосконалена математична модель, на відміну від існуючих, додатково враховує показники надійності пошукового обладнання та базової машини ДКРЗКР, що дозволяє підвищити достовірність результатів розрахунку ймовірності виявлення ВНП радіохвильовим методом. Зазначений підхід можливо використати і для обрахування ймовірності виявлення ВНП пошуковим обладнанням, які працюють на інших методах виявлення ВНП.

Висновки. В умовах глобального забруднення території України ВНП на сьогоднішній день пріоритетним шляхом забезпечення надійності і безпеки розмінування є пошук нових методів виявлення ВНП та удосконалення існуючих. Технології пошуку та виявлення ВНП з метою підвищення безпеки особового складу повинні поєднуватися з безпілотними системами.

В роботі на основі проведеного аналізу запропоновано підхід щодо удосконалення математичних моделей ймовірності виявлення ВНП, який, на відміну від існуючих, враховує показники надійності пошукового обладнання та рухомої платформи, що дозволить в подальшому уточнити вимоги до ДКРЗКР.

ЛІТЕРАТУРА:

1. General Valery Zaluzhny admits the war is at a stalemate. Ukraine's commander-in-chief on the breakthrough he needs to beat Russia URL: Ukraine's commander-in-chief on the breakthrough he needs to beat Russia (economist.com) (дата звернення: 10.05.2024).
2. Горбулін В.П. Світова глобальна проблема розмінування: український вектор. *Вісник НАН України*. 2022. №2. С. 3-13. <https://doi.org/10.15407/visn2022.02.003>. (дата звернення: 10.05.2024).
3. Landminen faktenblatt. Faktenblatt_2023_Final.pdf (handicap-international.de) (дата звернення: 10.05.2024).
4. Landmine Monitor 2023 [EN/AR] – World. Landmine Monitor 2023 [EN/AR] - World | ReliefWeb. (дата звернення: 10.05.2024).
5. Кривцун В.І, Ляшенко В.А. Теоретичні підходи щодо вибору методів виявлення вибухонебезпечних предметів в середовищах, що їх приховують, переваги та недоліки. / Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ. - Черкаси: ДНДІ ВС ОВТ, 2024. - №1(19). С. 81-91
6. Щербаков Г.Н. Новые методы обнаружения скрытых объектов: монография / Г.Н. Щербаков. - М.: ООО Эльф ИПР, 2011. - 503 с.
7. Щербаков Г.Н. Обнаружение скрытых объектов для гуманитарного разминирования, криминалистики, археологии, строительства и борьбы с терроризмом. М.: Арбат-информ, 2004. 438 с.
8. Денисенко А.М. Математическая модель обнаружения взрывоопасных предметов индукционным методом // Артиллерийское и стрелковое вооружение. - К., 2007. № 4. С. 19 - 23.

9. Денисенко О.М., Мацюк С.В. Математична модель виявлення вибухонебезпечних предметів пошуковим пристроєм з радіохвильовим способом, встановленим на легких броньованих машинах // Збірник наукових праць / Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького. - Хмельницький: НАДПСУ, № 52. 2010. С. 54-53.

10. Коцюруба В.І. Моделювання процесу пошуку і виявлення ВВП радіолокаційним методом / В.І. Коцюруба // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони. – К.: НУОУ, 2015. - № 2(23). - С. 65-69.

11. Коцюруба В. І. Удосконалена математична модель виявлення вибухонебезпечних предметів радіохвильовим методом / В. І. Коцюруба, О. М. Гусляков // Наука і техніка Повітряних Сил. - Харків: ХУПС, 2013. - № 1 (10). С. 163 - 166.

12. Коцюруба В.І. Обґрунтування раціональної комбінації методів виявлення ВВП для пошукових пристроїв РТК розмінування / В.І. Коцюруба, М.О. Шишанов, І.П. Даценко, О.М. Гусляков, С.М. Гімбер // Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння і військової техніки Збройних Сил України. - К.: ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2015. - № 4(59). С. 179-186.

13. Марков В.А. Поиск, обнаружение и обезвреживание взрывоопасных предметов / В.А. Марков, И.В. Марков, Б.В. Прибылов // Оборонная техника. М.: № 3-4, 2007 С. 97–103.

14. Гусляков О.М. Вихрострумовий пристрій з базою даних образів для ідентифікації типів металів прихованих об'єктів / А.О. Абрамович, В.О. Піддубний, О.М. Гусляков // Озброєння та військова техніка. К: ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2017. № 3 (15). С. 51-56

15. Бирков П.В. Обеспечение надёжности машин инженерного вооружения при эксплуатации. - М.: Воениздат, 1985. - 280 с.

REFERENCES:

1. General Valery Zaluzhny admits the war is at a stalemate. Ukraine's commander-in-chief on the breakthrough he needs to beat Russia URL: Ukraine's commander-in-chief on the breakthrough he needs to beat Russia (economist.com) (data zvernennya: 10.05.2024).

2. Horbulin V.P. Svitova hlobal'na problema rozminuvannya: ukrayins'kyy vektor. Visnyk NAN Ukrainy. 2022. №2. S. 3-13. <https://doi.org/10.15407/vsn2022.02.003>. (data zvernennya: 10.05.2024).

3. Landminen faktenblatt. Faktenblatt_2023_Final.pdf (handicap-international.de) (data zvernennya: 10.05.2024).

4. Landmine Monitor 2023 [EN/AR] – World. Landmine Monitor 2023 [EN/AR] - World | ReliefWeb. (data zvernennya: 10.05.2024).

5. Kryvtsun V.I., Lyashenko V.A. Teoretychni pidkhody shchodo vyboru metodiv vyyavlennya vybukhonebezpechnykh predmetiv v seredovyshchakh, shcho yikh prykhovuyut', perevahy ta nedoliky. / Zbirnyk naukovykh prats' DNDI VS OVT. - Cherkasy: DNDI VS OVT, 2024. - №1(19). S. 81-91

6. Shcherbakov G.N. Novyye metody obnaruzheniya skrytykh ob'yektov: monografiya / G.N. Shcherbakov. - M.: OOO El'f IPR, 2011. - 503 s.

7. Shcherbakov G.N. Obnaruzheniye skrytykh ob'yektov - dlya gumanitarnogo razminirovaniya, kriminalistiki, arkhologii, stroitel'stva i bor'by s terrorizmom. - M.: Arbat-inform, 2004. - 438 s.

8. Denisenko A.M. Matematicheskaya model' obnaruzheniya vzryvoopasnykh predmetov induktsionnym metodom // Artilleriyskoye i strelkovoye vooruzheniye. - K., 2007. № 4. S. 19 - 23.

9. Denysenko O.M., Matsyuk S.V. Matematychna model' vyyavlennya vybukhonebezpechnykh predmetiv poshukovym prystroyem z radiokhvyly'ovym sposobom, vstanovlenym na lehkykh bron'ovanykh mashynakh // Zbirnyk naukovykh prats' / Natsional'na akademiya Derzhavnoyi prykordonnoyi sluzhby Ukrainy imeni Bohdana Khmel'nyts'koho. - Khmel'nyts'kyi: NADPSU, № 52. 2010. S. 54-53.

10. Kotsyuruba V.I. Modelyuvannya protsesu poshuku i vyyavlennya VNP radiolokatsiynym metodom / V.I. Kotsyuruba // Suchasni informatsiyni tekhnolohiyi u sferi bezpeky i oborony. – К.: НУОУ, 2015. - № 2(23). - С. 65-69.

11. Kotsyuruba V. І. Udoskonalena matematychna model' vyyavlennya vybukhonebezpechnykh predmetiv radiokhvyly'ovym metodom / V. І. Kotsyuruba, О. М. Huslyakov // Nauka i tekhnika Povitryanykh Syl. - Khar'kiv: KHUPS, 2013. - № 1 (10). S. 163 - 166.

12. Kotsyuruba V.I. Obgruntuvannya ratsional'noyi kombinatsiyi metodiv vyyavlennya VNP dlya poshukovykh prystroyiv RTK rozminuvannya / V.I. Kotsyuruba, М.О. Shyshanov, І.П. Datsenko, О.М. Huslyakov, S.M. Himber // Zbirnyk naukovykh prats' Tsentral'noho nauково-doslidnoho instytutu ozbroynennya i viys'kovoyi tekhniki Zbroynykh Syl Ukrainy. - K.: TSNDI OVT ZSU, 2015. - № 4(59). S. 179-186.

13. Markov V.A. Poysk, obnaruzheniye y obezvrezhyvanye vzryvoopasnykh predmetov / V.A. Markov, Y.V. Markov, B.V. Prybylov // Oboronnaya tekhnika. M.: № 3-4, 2007 S. 97–103.

14. Huslyakov O.M. Vykhostrumovyy prystriy z bazoyu danykh obraziv dlya identyfikatsiyi typiv metaliv prykhovanykh ob"yektiv / A.O. Abramovych, V.O. Piddubnyy, O.M. Huslyakov // Ozbroyennya ta viys'kova tekhnika. K: TSNDI OVT ZSU, 2017. № 3 (15). S. 51-56

15. Byrkov P.V. Obespechenye nadëzhnomy mashyn ynzhenernoho vooruzhenyya pry éksploatatsyy. - M.: Voenyzzdat, 1985. - 280 s.

Ph.D. Kryvtsun V., Doc. Sci.Tech. Kotsiuruba V., Stanislavov V.

IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF DETECTION OF EXPLOSIVE OBJECTS BY ELECTROMAGNETIC METHODS

One of the negative consequences of warfare is the contamination of territories with explosive ordnance. Due to the significant contamination of the territories of dozens of countries with explosive objects, the issue of guaranteed demining has become a global problem. Ukraine is no exception, as it has become the most mined country in the world as a result of Russia's war against Ukraine. The most difficult task of demining is to find and detect explosive objects in the environments that cover them. In these conditions, methods and ways to guarantee the detection of explosive objects are being searched for. One of these ways is the development and implementation of unmanned demining systems.

The paper presents the results of theoretical research on improving the mathematical model of detecting explosive objects. The main stages of the demining process are considered. An analysis of research related to demining processes, in particular the search and detection of explosive objects, is carried out. Based on the results of the analysis of existing research in this subject area, ways to improve mathematical models of detection of explosive objects are identified - taking into account the reliability of search elements and a mobile platform. An approach to improving the mathematical models for determining the probability of detecting explosive objects is proposed on the example of search elements with a radio wave method of detecting explosive objects. It is proposed to use this approach to determine the probability of detecting explosive objects of remotely controlled (robotic) demining means (complexes), the search elements of which work with the use of other electromagnetic methods of search and detection of explosive objects.

Keywords: explosive objects, search element, detection methods, ground unmanned demining systems, reliability.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДИФІКАТОРА НА ВОДОСТІЙКІСТЬ КОМПОЗИЦІЙНОГО ГІПСОВОГО В'ЯЖУЧОГО

У статті висвітлюється питання підвищення водостійкості композиційного гіпсового в'язучого на основі аналізу натурного експерименту. Для розв'язання задачі у роботі було застосовано 24-х точковий план у вигляді "трикутників на кубі" експериментально-статистичної моделі впливу на властивості композиційного гіпсового в'язучого добавок різного виду і призначення з урахуванням взаємодій між ними розрахований в програмі COMPEX.

Універсальним методом підвищення водостійкості гіпсових матеріалів є зменшення їхньої пористості. З цією метою у гіпсове в'язуче вводять невеликі кількості полімерних або пластифікуючих добавок для збільшення їхньої щільності. Способом підвищення водостійкості є додавання до 10-40 % мінеральних компонентів, які завдяки своїм в'язучим властивостям тверднуть у водостійкий каменеподібний матеріал.

На першому етапі дослідження проведено аналіз зміни водостійкості за величиною коефіцієнта розм'якшення K_r під впливом мікропуццоланових добавок, мікроармуючої добавки-модифікатора і суперпластифікатора Sika. Діапазон варіювання всіх добавок встановлено планом експерименту.

На наступному етапі дослідження проаналізовано можливість подальшого підвищення водостійкості за рахунок об'ємних і поверхневих гідрофобізаторів. Для оцінки впливу гідрофобізуючих ґрунтувань на властивості поверхні зразків із гіпсового в'язучого проводиться вимірювання крайового кута змочування методом лежачої краплі (sitting drop method).

Показано, що комплексна модифікація композиційного гіпсового в'язучого мікроармувальною, полімінеральними мікропуццолановими добавками-наповнювачами та суперпластифікатором Sika в оптимальних співвідношеннях дають змогу одержати композиційне гіпсове в'язуче з коефіцієнтом розм'якшення 0,9. Об'ємна гідрофобізація забезпечує додаткове підвищення міцності під час стискування та водостійкості.

Ключові слова: композиційне гіпсове в'язуче, експериментально-статистичне моделювання, гідрофобізація, водостійкість.

Вступ. Енергоефективність, ресурсозбереження, скорочення експлуатаційних витрат та підвищення комфорту житла є головними пріоритетами в будівельній практиці. Тенденції розвитку сучасної будівельної галузі спрямовані на розробку та впровадження нових технологічних рішень, які підвищують конкурентоспроможність і забезпечують ресурсо- та енергоефективність, а також високі техніко-економічні та споживчі показники якості. Оптимізація якості продукції досягається за рахунок використання довговічних, міцних і високоякісних будівельних матеріалів. [1].

Гіпсові матеріали та вироби є одними з найсучасніших будівельних матеріалів завдяки своїй простоті та низькій енергоємності: на виробництво однієї тонни гіпсового в'язучого витрачається в 4,5 та 4,9 рази менше палива та електроенергії відповідно, ніж на виробництво однієї тонни портландцементу. Україна має достатні запаси природної гіпсової сировини та велику кількість гіпсовмісних відходів. Одним з недоліків гіпсових в'язучих є їх низька водостійкість. Одним з останніх ефективних способів підвищення водостійкості є зміна структури в'язучого за допомогою мультимінералізованої мікродисперсної добавки-наповнювача [2-4].

Подальшого покращення якості можна досягти за рахунок використання нових видів гідрофобізаторів. Водовідштовхувальні композиції випускаються у вигляді концентрованих або готових до використання розчинів у водних або органічних розчинниках. Вони створюють водовідштовхувальний ефект, але на паропроникність такі склади практично не впливають. Додавання водовідштовхувальних речовин не змінює колір виробу, а гідрофобізація значно

підвищує морозостійкість всіх матеріалів. Ці властивості дозволяють використовувати водовідштовхувальні речовини в композиційних гіпсових в'язучих.

Аналіз досліджень і публікацій. Затверділе гіпсове в'язуче характеризується високим поглинанням води і низьким коефіцієнтом розм'якшення: у водонасиченому стані міцність каменю на основі гіпсу знижується на 40-50 %. Матеріали на основі гіпсу демонструють значну повзучість при зволоженні і мають низьку стійкість до атмосферних впливів, а тому не рекомендуються для експлуатації в умовах високої вологості.

Універсальним методом підвищення водостійкості гіпсових матеріалів є зменшення їхньої пористості. З цією метою у гіпсове в'язуче вводять невеликі кількості полімерних або пластифікуючих добавок для збільшення їхньої щільності.

Способом підвищення водостійкості є додавання до 10-40 % мінеральних компонентів, які завдяки своїм в'язучим властивостям тверднуть у водостійкий каменеподібний матеріал. У світі відомі два основних відомих у світі напрямків, що сформувалися в практичному підході до вирішення питання підвищення водостійкості в'язучих на основі гіпсу: один напрямок [5-7], спрямований на використання певної кількості портландцементу в якості гідралічної складової; а інший - на розробку [8-11] композицій на основі активних мінеральних добавок.

Мета дослідження: розробка комплексу з полімінеральних високодисперсних добавок, мікроармувальної добавки-наповнювача та органічного суперпластифікатора для композиційного гіпсового в'язучого з поліпшеними властивостями.

Основна частина. Для розв'язання задачі у роботі було застосовано 24-х точковий план у вигляді "трикутників на кубі" експериментально-статистичної моделі впливу на властивості КГВ добавок різного виду і призначення з урахуванням взаємодій між ними розрахований в програмі COMPEX [12,13].

На першому етапі дослідження проведено аналіз зміни водостійкості за величиною коефіцієнта розм'якшення K_p під впливом мікропуццоланових добавок, мікроармуючої добавки-модифікатора і суперпластифікатора Sika. Діапазон варіювання всіх добавок встановлено планом експерименту. Зміна водостійкості КГВ під впливом добавок описується моделлю (1):

$$Y(K_p) = \begin{matrix} +0.676v_1 + 0.209v_1v_2 & \pm 0v_1x_4 - 0.033v_1x_5 + 0.069v_1x_6 & \pm 0x_4^2 - 0.057x_4x_5 \\ +0.711v_2 + 0.432v_1v_3 + & +0.071v_2x_4 - 0.037v_2x_5 \pm 0v_2x_6 & + -0.033x_5^2 \pm 0x_4x_6 \\ +0.690v_3 - 0.437v_2v_3 & +0.027v_3x_4 - 0.071v_3x_5 - 0.071v_3x_6 & +0.056x_6^2 \pm 0x_5x_6 \end{matrix} \quad (1)$$

Графічна інтерпретація моделі (1) представлена на рисунку 1 у вигляді сумішевих трикутників у координатах (V_1 , V_2 , V_3) на квадратичній діаграмі в координатах (X_4 , X_5). Вміст добавки-суперпластифікатора Sika (X_6) фіксувався на рівнях 0,1%; 0,6%; 1,1%.

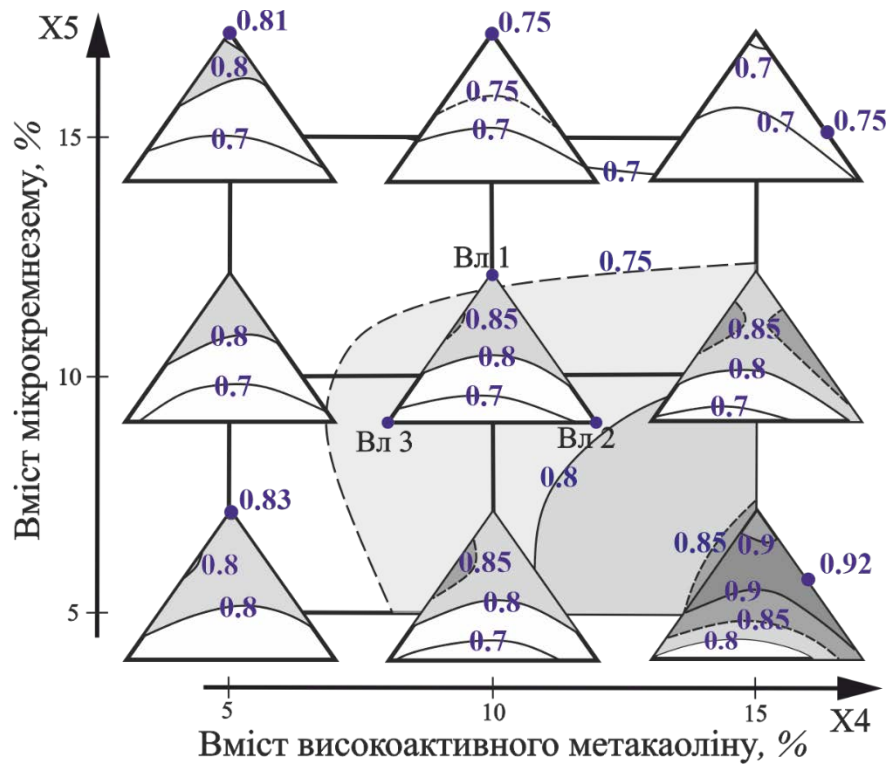


Рисунок 1 - Вплив полімінеральних мікропуцоланових добавок, мікроармуючої добавки-наповнювача (волластоніт) на водостійкість композиційного гіпсового в'язучого

Вплив трьох фракцій волластоніту ілюструється на графічних образах ЕС моделей у вигляді трикутних діаграм. Голчаста форма зерна волластоніту визначає основний напрямок його використання як мікроармуючого наповнювача. Фізико-хімічна спорідненість волластоніту з композиційними будівельними матеріалами, що містять цемент, сприяє активній виборчій адсорбції продуктів гідратації в'язучого, має істотний вплив на реологічні параметри, формування структури, міцнісні та деформативні властивості затверділих композитів.

На трикутних діаграмах відображено вплив на властивості трьох залежних факторів (v_1 , v_2 , v_3). Це залежні фактори, які пов'язані між собою. Сумарний вміст усіх трьох компонентів (Вл1, Вл2, Вл3) зберігається постійним, тобто ($V_1+V_2+V_3=1$). Трикутні діаграми, розташовані на квадраті аналізованої властивості, в даному випадку $R_{сж}$, дають змогу вибрати найкращий фракційний склад волластоніту, вміст, співвідношення двох або трьох фракцій між собою.

Вплив на властивості мікропуцоланових добавок-наповнювачів графічно інтерпретується у вигляді ізоліній на квадраті двох факторів $X_4 \rightarrow$ (ВМК - високоактивний метакеолин), $X_5 \rightarrow$ (МКК - мікрокремнезем). Вміст високоактивного метакеолину (ВМК) так само, як і мікрокремнезему (МКК), варіювався в експерименті в інтервалі $(10 \pm 5) \%$.

Мікропуцоланові добавки-наповнювачі вирізняються високою пуцоланічною активністю. Мікрокремнезем має пуцоланічну активність 350-450 мг вапна, що зв'язується, на 1 г мікрокремнезему. Високоактивний метакеолин (ВМК), завдяки вмісту активного окису алюмінію, здатний зв'язувати значно більшу кількість вапна, ніж мікрокремнезем. Його активність сягає понад 1000 мг вапна, що зв'язується, на 1 г високоактивного метакеолину. Введення цих добавок до складу композиційного гіпсового в'язучого має забезпечити ранню і пролонговану міцність.

Високоякісний суперпластифікатор на полікарбоксилатній основі Sika Visco Creit, що складається зі спеціально синтезованих хімічно чистих речовин, вводили для поліпшення зручності укладання, зниження водопотреби та уповільнення термінів схоплювання КГВ.

Коефіцієнт розм'якшення змінюється в інтервалі від 0.6 до 0.92. Більшість складів із 24х серій зразків належать до водостійких, тому що їхній коефіцієнт розм'якшення дорівнює 0.8-0.92. Необхідне за умовами задачі дослідження значення коефіцієнта розм'якшення $K_p \geq 0.85$ отримано за максимального вмісту високоактивного метакеолину в кількості 10-15 % від м. р., вмісту мікрокремнезему 5-10 % від м. р. та за умови вмісту в суміші волластоніту певної

фракції. Фракційний склад волластоніту для різних складів сумішей різний за різного вмісту суперпластифікатора Sika. Склади, які в рамках експерименту мають максимальні значення водостійкості $K_p = 0.9-0.92$, отримано при введенні до складу КГВ 15% ВМК і 5% МКК. Вміст Sika становить 0.1 або 1.1% від м. в.

Значення коефіцієнта розм'якшення $K_p \geq 0.9$ маютьклади, що містять суперпластифікатор Sika =1.1%, ВМК=15%, МКК=5%. Тобто, величина питомої поверхні мікроармуючої добавки волластоніту (ВЛ), виконуючи роль модифікатора структури, є ефективним фактором, що дає змогу регулювати властивості композиційних сумішей у широких межах, та має призначатись з урахуванням вмісту мікронаповнювачів.

На наступному етапі дослідження проаналізовано можливість подальшого підвищення водостійкості за рахунок об'ємних і поверхневих гідрофобізаторів.

Для оцінки впливу гідрофобізуючих ґрунтувань на властивості поверхні зразків із гіпсового в'язучого ми проводили вимірювання крайового кута змочування методом лежачої краплі (sitting drop method). Форма краплі, що спочиває на горизонтальній плоскій поверхні в полі сили тяжіння (рис. 2), є осесиметричною та описується рівнянням Юнга-Лапласа (Young-Laplace) [14]:

$$\rho g y + \sigma(K(y) - K(h)) = 0 \quad (2)$$

де ρ – щільність рідини, g – прискорення вільного падіння, σ – поверхневий натяг рідини (питома вільна енергія межі розділу рідина - газ), $K(y) = \frac{1}{R_1(y)} + \frac{1}{R_2(y)}$, $R_1(y)$ та $R_2(y)$ – головні радіуси кривизни поверхні краплі в точці з ординатою y , $K(h) = K(y)|_{y=h}$, тобто на вершині краплі.

Рівняння (2) не має аналітичного розв'язку, тому для розрахунку форми краплі з високою точністю і знаходження кута змочування застосовують чисельні методи.

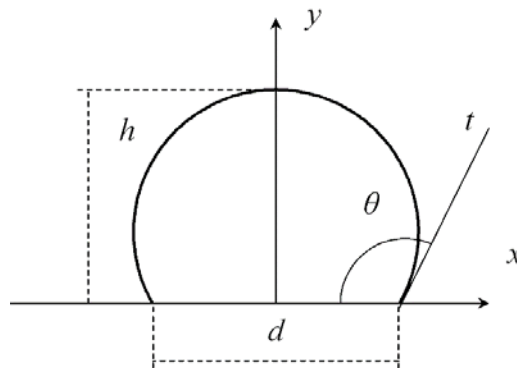


Рисунок 2 - Форма крапель, що лежать на плоскій гідрофобній поверхні:
 θ - крайовий кут змочування, t - дотична до меридіанного перерізу краплі у точці поділу трьох фаз

Краплі під дією капілярного тиску здатні зберігати сферичну форму (див. рис. 2). У цьому випадку з елементарної геометрії легко знайти кут змочування θ . В експерименті розмір крапель рідини визначається внутрішнім діаметром каналу крапельниці. У нашому випадку він становив 0.53 мм (при зовнішньому діаметрі голки 0.8 мм). Маса крапель дистильованої води, що продукуються крапельницею, були виміряні на аналітичних вагах. Використовувана голка формувала краплі із середньою масою 15.6 мг. Радіус відповідної сферичної краплі приблизно дорівнює 1.55 мм, що, очевидно, перевищує критерій малості краплі. Для аналізу форми такої краплі ми вирішили застосовувати метод конічного перерізу.

Для фотореєстрації форми крапель на досліджуваній поверхні ми використовували Web-камеру CANYON CNR WCAM820 з роздільною здатністю 1600×1200 пікселів. Штатний об'єктив камери було замінено на оптичну систему, складену за принципом мікроскопа. Поле зору кадру становило близько 9 мм, масштаб зображення був визначений за допомогою об'єкт-мікрометра і дорівнював 5,75 мкм/піксель. Два світлодіодні освітлювачі з регулюваннями яскравості давали змогу комбінувати косе віддзеркалене освітлення і освітлення, що проходить, для встановлення оптимального контрасту зображення на кордонах розділу фаз. Під час роботи

зі зразками, що поглинають воду, камера перемикалася в режим відеозйомки з роздільною здатністю 800×600 пікселів і з кадровим інтервалом 100 мс.

Зображення, отримане камерою, зберігали на комп'ютері й аналізували за допомогою графічного редактора. У графічному редакторі ми підбирали еліпс, що задовільно збігається з контуром краплі, після чого зчитували розміри його півосей, координати центру і координати точок розділу трьох фаз, потім описаним вище методом обчислювали крайовий кут змочування.

На рис. 3 показана крапля дистильованої води на поверхні зразка, що не пройшов обробки ґрунтовками. Поверхня зразка гідрофільна, про що свідчить крайовий кут змочування, менший за 90°. Вода розтікається і вбирається гіпсовим в'язучим: на рисунку показано краплю через різні проміжки часу, що минули від моменту контакту.



Рисунок 3 - Крапля води на поверхні необробленого зразка після початку контакту

Поверхні, що поглинають воду, можна характеризувати на додаток до крайового кута змочування також швидкістю поглинання через одиничну контактну поверхню. Швидкість вбирання можна оцінити за зменшенням об'єму краплі з плином часу, якщо швидкістю випаровування можна знехтувати, що допустимо за високої швидкості вбирання.

Розрахунок об'єму краплі ми проводили в припущенні, що крапля є усіченим еліпсоїдом обертання. Легко показати, що при цьому об'єм V визначається висотою краплі h і розмірами півосей її меридіанного перерізу:

$$V = \pi a^2 \left(h - \frac{b}{3} + \frac{(b-h)^3}{3b^2} \right) \quad (3)$$

Досліди показали, що швидкість вбирання краплі в зразки можна вважати високою, тому що за час повного вбирання об'єм контрольної краплі на металевій поверхні залишався незмінним у межах похибки вимірювання.

На необроблених зразках крайовий кут змочування зменшується протягом перших двох секунд контакту з 86° до 72°, але при цьому об'єм краплини залишається незмінним у межах похибки вимірювання, отже, спостерігається тільки розтікання краплі. Початок вбирання реєструється нами з 3-ї секунди. Максимальна швидкість вбирання припадає на 5-6-ту секунди і становить 0.017 г·см⁻²·с⁻¹. Загальний час вбирання краплі варіювався в діапазоні 12 - 30 с за середньої контактної площі 0.15 см².

На рис. 4 показано краплі дистильованої води на поверхні зразка, обробленого ґрунтовкою.

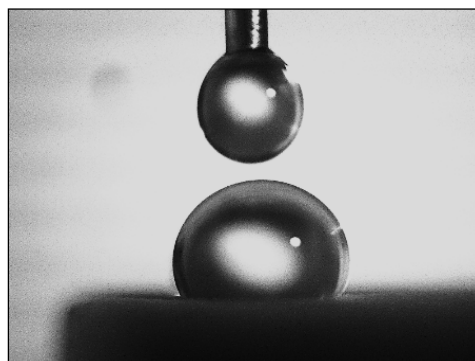


Рисунок 4 - Крапля води на поверхні зразка, обробленого ґрунтовкою

Поверхні зразків набули гідрофобних властивостей: крайовий кут змочування для води перевищує 90°. На цих поверхнях ми не спостерігали розтікання і вбирання краплі. Середній крайовий кут змочування для випробуваних ґрунтовок наведено нижче в таблиці 1.

Таблиця 1

Крайові кути змочування для випробуваних ґрунтовок		
ПГК-12С	ПГК-24	White
129 ± 7°	130 ± 5°	121 ± 4°

Ґрунтовки ПГК-12С і ПГК-24 демонструють однакову ефективність щодо гідрофобізації поверхні: крайові кути змочування на оброблених ними поверхнях з урахуванням зазначеної похибки можна вважати такими, що збігаються. Дещо гірший результат дає ґрунтовка White.

Висновки. Аналіз результатів дослідження дає змогу зробити висновок, що запропонований склад поліфункціонального модифікатора дає змогу отримати водостійке модифіковане композиційне гіпсове в'язуче з коефіцієнтом размягчення $K_p \geq 0.9$.

Показано, що комплексна модифікація композиційного гіпсового в'язучого полімінеральними мікропуцолановими та мікроармувальними добавками-наповнювачами і суперпластифікатором Sika в оптимальних співвідношеннях дають змогу отримати композиційне гіпсове в'язуче з коефіцієнтом розм'якшення 0,9. Тобто величина питомої поверхні мікроармувальної добавки волластоніту, виконуючи роль модифікатора структури, є ефективним фактором, що дає змогу регулювати властивості композиційних сумішей у широких межах, та має призначатись з урахуванням вмісту мікронаповнювачів.

Об'ємна гідрофобізація забезпечує додаткове підвищення водостійкості. Подальші дослідження спрямовані на отримання та оптимізацію поліфункціональних модифікаторів широкого спектра дії.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Dvorkin L. Modified water-cement ratio rule for the design of air-entrained concrete. *Magazine of Civil Engineering*. 2019. Vol. 85, no. 1. P. 123–135.
2. Derevianko V. N., Kondratieva N. V., Hryshko H. M. Study of impact factors and the mechanis of process of gypsum binder hydration in the presence of nanomodifiers. *Journal of Chemistry*. 2018. Vol. 6. P. 92-100.
3. Derevianko V. N., Kondratieva N. V., Sanitskiy N. A., Hryshko H. M. Impact of granulometric composition on mineral binder hydration processes. *Journal of Engineering Science*. 2018. Vol. 3. P. 74-84.
4. Dolezelova M., Krejsova J., Scheinherrova L., Keppert M., Vimmrova A. Investigation of environmentally friendly gypsum based composites with improved water resistance. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 370, art. no. 133278.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133278> (date of access: 15.03.2024)
5. Bumanis, G., Korjaks, A., Bajare, D. Environmental Benefit of Alternative Binders in Construction Industry: Life Cycle Assessment. *Environments*. 2022, Vol. 9, no 6.
URL: <https://doi.org/10.3390/environments9010006> (date of access: 15.03.2024)
6. Juengera M. C. G., Winnefeldb F., Provisc J. L. and Idekerd J. H. (2011) Advances in alternative cementitious binders. *Cement and Concrete Research*. 2011. Vol. 41. P. 1232–1243.
7. Новосад П. В., Саницький М. А., Позняк О. Р. Підвищення водостійкості гіпсових в'язучих. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва*. 2018. № 888. С. 111-116.
8. Camarini G., De Mito J. A. Water treatment sludge and rice husk ash to sustainable geopolymer production. *Construction and Building Materials*. 2011. Vol. 25. P. 4121–4125.
9. Alexander P., Nikita K. Water-resistant gypsum binder. *MATEC Web Conf*. 2016. Vol. 86.
URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168606001> (date of access: 15.03.2024)
10. Kondratieva N., Barre M., Goutenoire F. and Sanytsky M. Study of modified gypsum Binder. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 149. P. 535–542.

- 11.Линник Д. С., Юсипчук В. И., Шинкевич Е. С., Влияние высокоактивной пуццолановой добавки на свойства композиционного гипсового вяжущего и арболитобетона на его основе. *Вісник ОДАБА*. 2015. № 57. С. 273-278.
- 12.Derevianko V. N., Maksimenko A. A., Hryshko H. M. Study of polymer-modified powder dry mix produced from magnesia-bishofit composition with additives. *Jour. of Tech. University of Moldova and Moldavian Engineering Association*. 2015. Vol. 4. P. 35-39.
- 13.Vinnichenko V., Ryazanov A., Krot O. Construction binders and environmental indicators of their production. *MATEC Web Conf*. 2018. Vol 230.
URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823003020> (date of access: 15.03.2024)
- 14.Whyman G., Bormashenko E. Oblate spheroid model for calculation of the shape and contact angles of heavy droplets. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2009. Vol. 331, no. 1. P. 74-177.

REFERENCES:

1. Dvorkin L. (2019) Modified water-cement ratio rule for the design of air-entrained concrete. *Magazine of Civil Engineering*. 85(1), 123–135.
2. Derevianko V. N., Kondratieva N. V., Hryshko H. M. (2018) Study of impact factors and the mechanism of process of gypsum binder hydration in the presence of nanomodifiers. *Journal of Chemistry*. 6, 92-100.
3. Derevianko V. N., Kondratieva N. V., Sanitskiy N. A., Hryshko H. M. (2018) Impact of granulometric composition on mineral binder hydration processes. *Journal of Engineering Science*. 3, 74-84.
4. Dolezelova M., Krejsova J., Scheinherrova L., Keppert M., Vimmrova A. (2022) Investigation of environmentally friendly gypsum based composites with improved water resistance. *Journal of Cleaner Production*. 370, art. no. 133278.
5. Bumanis, G., Korjakins, A., Bajare, D. (2022) Environmental Benefit of Alternative Binders in Construction Industry: Life Cycle Assessment. *Environments*. 9, 6.
<https://doi.org/10.3390/environments9010006>
6. Juengera M. C. G., Winnefeldb F., Provisc J. L. and Idekerd J. H. (2011) Advances in alternative cementitious binders. *Cement and Concrete Research*. 41, 1232–1243.
7. Novosad P., Sanytsky M., Poznyak O. (2018) Pidvyshhennja vodostijkosti ghipsovykh v'jzhuchykh [Increasing water resistance of gypsum binders]. *Visnyk Nacional'nogho universytetu Ljvivs'jka politehnika. Teorija i praktyka budivnytva*. 888, 111-116.
8. Camarini G. and De Milito J. A. (2011) Water treatment sludge and rice husk ash to sustainable geopolymer production. *Construction and Building Materials*. 25, 4121–4125.
9. Alexander P. and Nikita K. (2016) Water-resistant gypsum binder. *MATEC Web Conf*. Vol. 86.
- 10.Kondratieva N., Barre M., Goutenoire F. and Sanytsky M. (2017) Study of modified gypsum Binder. *Construction and Building Materials*. 149, 535–542.
- 11.Linnik D. S., Yusipchuk V.I., Shinkevich E. S. (2015) Vlyjanye vysokoaktivnoj puccolanovoj dobavky na svoystva kompozycionnogo gypsovogo vjzhushhego y arbolytobetona na ego osnove [Effect of highly active pozzolanic additive on the properties of composite gypsum binder and Hempcrete on its basis]. *Visnyk ODABA*. 57, 237-238.
- 12.Derevianko V. N., Maksimenko A. A., Hryshko H. M. (2015) Study of polymer-modified powder dry mix produced from magnesia-bishofit composition with additives. *Jour. of Tech. University of Moldova and Moldavian Engineering Association*. 4, 35-39.
- 13.Vinnichenko V., Ryazanov A., Krot O. (2018) Construction binders and environmental indicators of their production. *MATEC Web Conf*. Vol 230.
- 14.Whyman G., Bormashenko E. (2009) Oblate spheroid model for calculation of the shape and contact angles of heavy droplets. *Journal of Colloid and Interface Science*. 331(1), 74-177.

PhD. Linnik D., PhD. Kushnareva G., PhD. Rabocha T., Frolov O.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF POLYFUNCTIONAL MODIFIER ON THE WATER RESISTANCE OF COMPOSITE GYPSUM BINDER

The article highlights the issue of increasing the water resistance of a composite gypsum binder based on the analysis of a full-scale experiment. To solve the problem, a 24-point plan in the form of "triangles on

a cube" of the experimental and statistical model of the effect of additives of various types and purposes on the properties of a composite gypsum binder, taking into account the interactions between them, calculated in the COMPEX program, was used.

A universal method of increasing the water resistance of gypsum materials is to reduce their porosity. For this purpose, small amounts of polymeric or plasticizing additives are introduced into the gypsum binder to increase their density. A way to increase water resistance is to add up to 10-40% of mineral components, which, due to their binding properties, harden into a water-resistant stone-like material.

At the first stage of the experiment, we analyzed the change in water resistance by the value of the softening coefficient K_r under the influence of micro-puzzolan additives, a micro-reinforcing modifier additive, and Sika superplasticizer. The range of variation of all additives was established by the experiment plan.

The next stage of the study analyzed the possibility of further improving water resistance by using bulk and surface water repellents. To evaluate the effect of hydrophobic primers on the surface properties of gypsum binder samples, the marginal wetting angle is measured using the sitting drop method.

It is shown that the complex modification of the composite gypsum binder with micro-reinforcing, polymineral micro-puzzolanic filler additives and Sika superplasticizer in optimal proportions makes it possible to obtain a composite gypsum binder with a softening coefficient of 0.9. Volumetric hydrophobization provides an additional increase in compressive strength and water resistance.

Keywords: composite gypsum binder, experimental and statistical modeling, hydrophobization, water resistance.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ РОЗТАШУВАННЯ МІН

У статті розглядається проблема виявлення та аналізу розташування мін на території мінних полів. Запропоновано інтелектуальну систему, яка спрямована на підвищення безпеки під час розмінування. Для аналізу мінного поля розглядається нова інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система. Ця система базується на використанні георадарів (БПЛА з датчиками), які забезпечують постійний моніторинг навколишнього простору. Аналіз поверхні відбувається за виміром електромагнітних хвиль високої роздільної здатності та інфрочервоного випромінювання. Розпізнавання мін відбувається за допомогою інтелектуальних методів. Під час розробки інтелектуальної системи велика увага приділяється підвищенню точності виявлення мін та інших загроз. Для досягнення цієї мети використовується машинне навчання. Це дозволяє оперативно виявляти міни та інші загрози, пов'язані з мінно-вибуховими пристроями.

Основна увага приділяється розробці алгоритмів обробки та аналізу даних, отриманих від датчиків. Обробка інформації з георадарів дозволяє операторам оперативно приймати рішення щодо маршрутів руху та заходів безпеки. Завдяки використанню георадарів та аналізу даних, отриманих від них, можливо збільшити швидкість та точність розмінування, знизити ризик вибухів та оптимізувати використання ресурсів саперних підрозділів. Висвітлено також питання інтеграції даної системи з існуючими інформаційними системами та можливістю подальшого їх розвитку.

Запропонована система дозволяє зменшити час на розмінування, що критично важливо в умовах активних бойових дій. Впровадження цієї технології сприятиме збереженню життів військових та цивільних осіб, що знаходяться в зоні конфлікту. Ця система може стати важливим кроком у забезпеченні безпеки військових підрозділів та допоможе покращити їхню боєздатність у сучасних умовах збройного конфлікту.

Ключові слова: інтелектуальна система, міни, георадар, аналіз даних, дерево прийняття рішень.

Вступ. На сьогоднішній день у нашій країні пошук мін є важливим та актуальним науково-прикладним завданням. Після українського контрнаступу літом минулого року військові та аналітики виділяють одну з основних проблем, що виникли перед ЗСУ: території перед російськими позиціями щільно заміновані, а українським військовим не вистачає спецтехніки для розчищення полів. "Не вдасться просто домогтися чогось тільки за допомогою танка та броні, тому що мінні поля занадто великі. Рано чи пізно танк зупиниться і буде знищений сконцентрованим вогнем", - пояснював в інтерв'ю The Washington Post колишній головнокомандувач ЗСУ генерал Валерій Залужний. "Наше просування справді йде не так швидко, як хотілося б. Ми хотіли б отримати дуже швидкі результати. Але насправді це практично неможливо", - зізнався в інтерв'ю ВВС главнокомандувач Олександр Сирський, також зазначивши велику кількість мінних полів на сході та півдні України. За різними оцінками, на Запорізькому напрямку густина мін сягає близько 1500 штук на квадратний кілометр [1]. Відомо, що пошук мін дуже затратний і пов'язані з ризиком життя людей, а помилки, допущені саперами, можуть призвести до великих втрат особового складу. На даний час процес пошуку мін переважно здійснюється традиційними методами за допомогою ручного мінного шукача чи механізованих тралів. Однак, застосування цих технічних засобів супроводжується тривалістю процесу розмінування та ризиком для життя водіїв тралів та саперів. Тому, в умовах великих втрат військових на мінних полях та великої кількості мін, розробка інформаційно-вимірювальної системи пошуку мін є актуальним завданням.

Постановка проблеми. Загалом на сьогоднішній день відсутні універсальні способи пошуку мін. Кожен технічний спосіб пошуку мін вимагає відповідної підтримки дії оператора

(сапера). На цьому етапі інтелектуальні системи розпізнавання та класифікації мін перебувають на стадії розробки та випробування у низці зарубіжних країн. Такі системи у переважній більшості є секретними, а алгоритм їх роботи є закритим. Інтелектуальних систем вимірювання та аналізу даних мінних полів у нашій країні поки що немає. Сфера автономного виявлення мін потребує створення інтелектуальних систем пошуку, які поєднують технологію безпілотних систем (БПЛА) з спеціальними датчиками та платформу інтерфейсу для оператора (експертної системи), яка діє на основі методів штучного інтелекту.

Аналіз публікації. Аналіз останніх відкритих публікації показує перспективний напрямок у пошуку мін з використанням БПЛА. Так, польський благодійний фонд Fundacja POSTUP провів під Києвом тестування нової технології ідентифікації мін та вибухових предметів за допомогою БПЛА. Ця система сканування мін, вибухонебезпечних об'єктів називається магнітометр, який використовується разом з комерційним дроном Agras T16. За словами розробників, до БПЛА вставляється магнітометр - карбонова палиця довжиною трохи більше метра, на кінцях якої знаходяться два сенсори. Ці сенсори працюють із частотою 200 Гц. Коли БПЛА злітає, то магнітометр опускається на відстань приблизно два метри від нього. Це також дозволяє тримати найнижчу відстань від магнітометра до поля. Тобто, сам дрон літає на висоті трьох метрів від землі, а магнітометр знаходиться на відстані 0,3-0,7 метра від міного поля. Засновник фонду "POSTUP" повідомив, що дані пишуться не лише з магнітометра, а й з БПЛА. Інформація з цих двох пристроїв заноситься у комп'ютер і обробляється [2]. Однак, на думку авторів, у якості недоліків даної системи можна вказати великі похибки, які пов'язані з впливом металевих елементів самого БПЛА на отримані результати та мала відстань знаходження його від землі, що небезпечно для літального апарату. Тому пошук нових технологій ефективного розмінування залишається актуальним завданням в умовах війни в нашій країні.

Разом з тим, аналіз відкритих наукових публікацій [2 - 4] дозволяє зробити низку гіпотез про перспективність впровадження методів інтелектуального аналізу даних та машинного навчання в інформаційно-вимірювальні системи оцінки параметрів ґрунту мінних полів, розміру мін та глибини їх залягання .

Виклад основного матеріалу. Наукова новизна запропонованої прикладної та подальшої експериментальної розробки полягатиме у синтезі методів активного зондування поверхні із застосуванням електромагнітних хвиль (надсмугових зондувальних сигналів) та інфрачервоного випромінювання (температурних полів) у процесах пошуку вторинних факторів, що супроводжують пошук мін у поверхневому шарі ґрунту землі. Передбачається, що отримані дані будуть аналізуватись інтелектуальною системою розпізнавання (програмний інтерфейс експертної системи на основі нечіткої логіки та нейронних мереж).

У [5] пропонується підхід до інформаційно-інтелектуального пошуку мін за допомогою спостереження з БПЛА за допомогою встановленому на ному георадару. Для отримання зображень мін розглядається нова інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система аналізу і контролю температурної поверхні ґрунту мінного поля за допомогою інфрачервоного випромінювання, а також система з антен для виміру електромагнітних хвиль високої роздільної здатності. Датчики температури поверхні ґрунту та антени георадару встановлені на БПЛА.

На сьогоднішній день існують георадари, які використовуються в сільському господарстві для аналізу температури і вологості ґрунту або в системах діагностики технічного стану трубопроводів у комунальному господарстві. Дані пристрої оснащені окремими сенсорами і працюють над суто цивільними завданнями. Автори пропонують використовувати аналогічний пристрій зарубіжного виробника з оснащенням його додатковими датчиками та алгоритмами розпізнавання мін.

Принцип дії запропонованої системи полягає в тому, що при пошуку мін георадаром встановленому на БПЛА з датчиками, об'єктом пошуку є ділянка ґрунту мінного поля, яка характеризується певним просторовим розподілом відбитого електромагнітного поля та температури. Однак, на характеристики відбитого магнітного поля впливають не тільки міни, а й сторонні об'єкти, наприклад, уламки, каміння і т. п. Основна проблема, що стоїть перед оператором, полягає в розпізнаванні мін від інших предметів на мінному полі. Це завдання

можна вирішити шляхом автоматичного розпізнавання за допомогою інтелектуальних методів, а також людини-експерта. Для вирішення завдань розпізнавання мін спочатку пропонується провести серію експериментів на полігоні або лабораторії. Перед початком пошуку мін у пам'яті георадара розміщують радіолокаційні образи мін та характеристики ґрунту в районі пошуку. Антена георадара випромінює сигнал, приймає відображення та порівнює амплітуду відгуку із встановленим порогом виявлення (еталонним значенням, яке визначено у лабораторії). При порівнянні встановленого порога, контролер повідомляє оператору на екрані комп'ютера інформацію про схожість. Далі процес зондування повторюється до повної класифікації предмета. Другою ознакою розпізнавання є різниця температури ґрунту землі з міною і без неї. За наявності металевої міни температура ґрунту буде значно відрізнятися. Тому дані від датчика температури також враховуватимуться інтелектуальною системою. Ще однією важливою ознакою розпізнавання міни може бути її розмір (діаметр від 20 - 35 см), глибина залягання (15 – 30 см) та форма (коло, прямокутник, пелюстка). Ці показники також можна визначити за допомогою георадарів та програми для зондування Planner [6]. Таким чином, пропонується проведення серії експериментів із запам'ятовування еталонних даних (електромагнітних коливань, температури, розміру та глибини залягання) для навчання інтелектуальної системи розпізнавання піхотних та протитанкових мін. Програма розпізнавання працюватиме з урахуванням методів навчання нейронних мереж із вчителем [7].

Імітаційний експеримент. Для проведення імітаційного експерименту використовують дані [6]. Технологія, що використовується георадаром, являє собою високочастотний (від 10 МГц до 1000 МГц) діапазон електромагнітних хвиль високої роздільної здатності для отримання зображень ґрунтів і підземних структур. Антена використовується для передачі та відновлення радіолокаційних імпульсів, що генеруються генератором імпульсів. Потім відбитий імпульс обробляється для отримання зображень профілю ґрунту.

Основне застосування - це отримання зображень профілю ґрунту та визначення розташування мін. Георадар забезпечує високу роздільну здатність зображення ґрунтового профілю та карти. Згідно з проведеним аналізом (рис.1) для розпізнавання мін за аналізованими параметрами (глибина залягання та розмір міни) підходить георадар марки Raptor з частотою 170 МГц. [8].

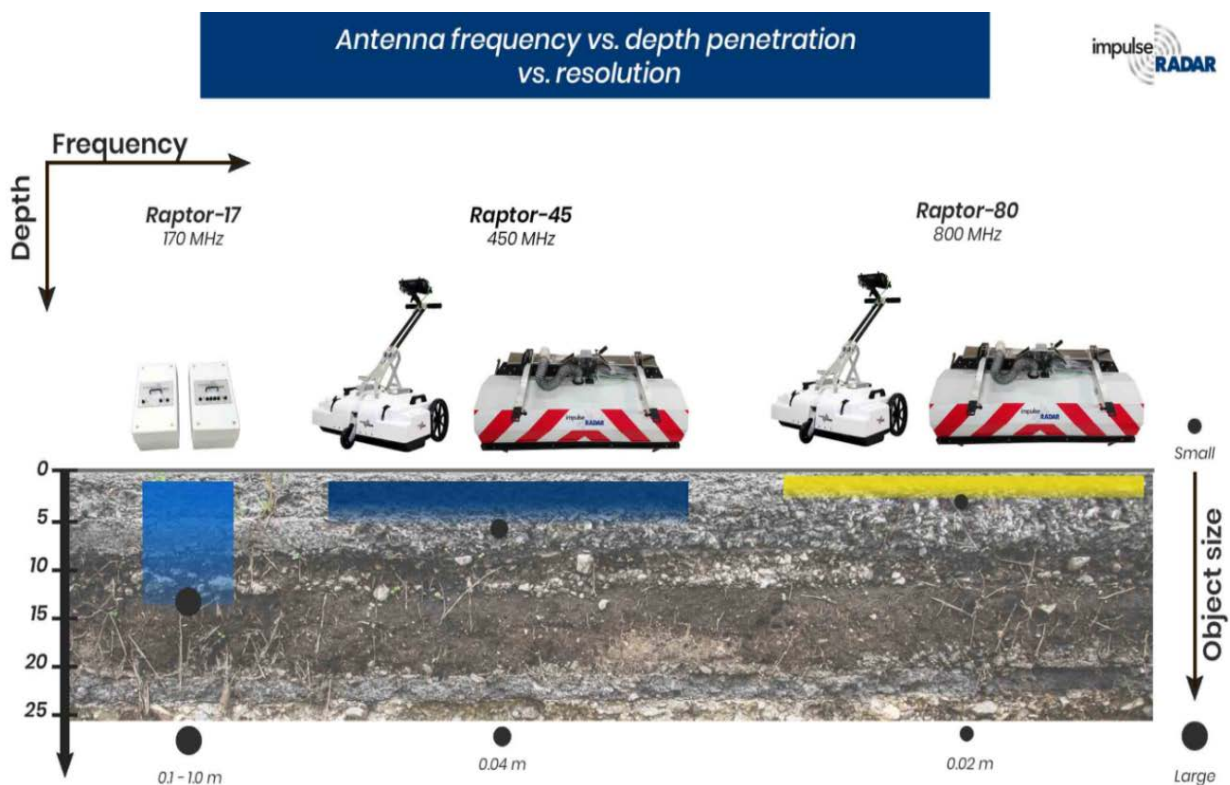


Рисунок 1 - Порівняльний аналіз запропонованих рішень

Пропонується проведення віртуального експерименту у програмі інтелектуального аналізу даних Orange [7] з метою розробки та перевірки експертної системи класифікації даних, отриманих за допомогою БПЛА (георадару). Із застосуванням інформації щодо результатів зондування антени георадару над підземними об'єктами (аналіз розташування трубопроводів) було отримано знімок георадару, наведений на рис. 2. На рисунку виділено об'єкти, придатні для розробки та навчання інтелектуальної системи розпізнавання мін. Об'єкти, що підходять під основні критерії піхотних і протитанкових мін (глибина залягання, розмір і форма), виділені колом (1) (див. рис.2). Об'єкти, що відрізняються від критеріїв, виділені прямокутником (2).

Аналітична система Orange – це програма з відкритим вихідним кодом для машинного навчання та візуалізації даних, що має великий набір дослідницьких функцій. Програмний продукт Orange, що розробляється Лабораторією біоінформатики Люблянського університету, призначена для інтелектуального аналізу даних, статистичних досліджень та візуалізації даних [9].

Метою моделювання є створення експертної системи класифікації об'єктів, пред'явлених до аналізу, за критеріями, знайденими за допомогою георадару: розмір, глибина залягання, форма, температура. На початковому етапі система, що розробляється, використовує алгоритми дерева рішень і логістичної регресії [10,11].

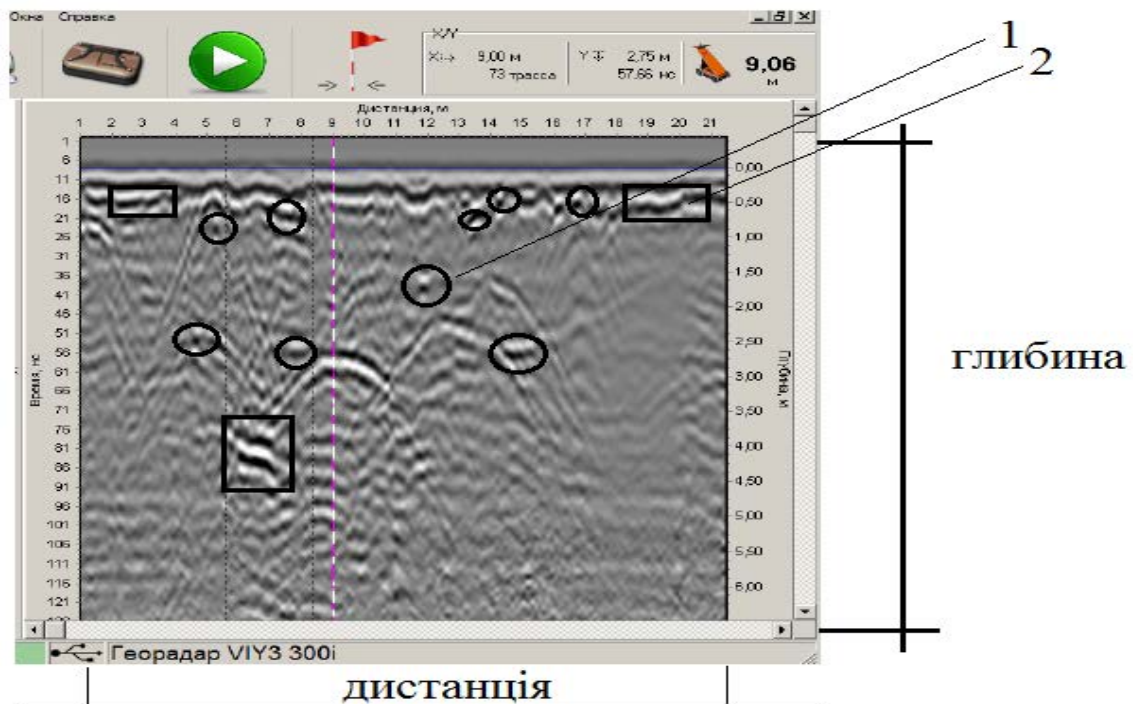


Рисунок 2 - Знімок георадару під час аналізу підземних комунікацій

Дерево прийняття рішень (також називають деревом класифікації або регресійним деревом) – засіб підтримки прийняття рішень, що використовується в машинному навчанні, аналізі даних та статистиці. Структура дерева є "листя" та "гілки". На ребрах ("гілках") дерева рішення записані ознаки, від яких залежить цільова функція, на "листях" записані значення цільової функції, а інших вузлах – ознаки, за якими відрізняються випадки. Щоб класифікувати новий випадок, треба спуститись по дереву до листа і видати відповідне значення [10]. Подібні дерева рішень широко використовують у інтелектуальному аналізі даних. Мета полягає в тому, щоб створити модель, яка передбачає значення цільової змінної на основі декількох змінних на вході. Кожен лист є значення цільової змінної, зміненої в ході руху від кореня по ребрах дерева до листа. Кожен внутрішній вузол зіставляється з однією з вхідних змінних. В інтелектуальному аналізі даних дерева рішень можуть бути використані як математичні та

обчислювальні методи, щоб допомогти описати, класифікувати і узагальнити набір даних, які можуть бути записані наступним чином:

$$(x, Y) = (x_1, x_2, \dots, x_n, Y).$$

Залежна змінна Y є цільовою змінною (міна), яку необхідно проаналізувати, класифікувати та узагальнити. Вектор x складається з вхідних змінних x_n (розмір, глибина залягання, форма, температура), які використовуються для виконання цього завдання.

Для аналізу вхідної інформації складено програму бінарної класифікації з алгоритмом дерева рішень (рис.3)

На початковому етапі була розроблена база даних (рис.4) на основі інформації про характеристики піхотних (типів ОЗМ, ПФМ, МОН, ПМН) та протитанкових мін (тип ТМ 57, М 21, М 15), що використовуються армією країни-агресора [12].

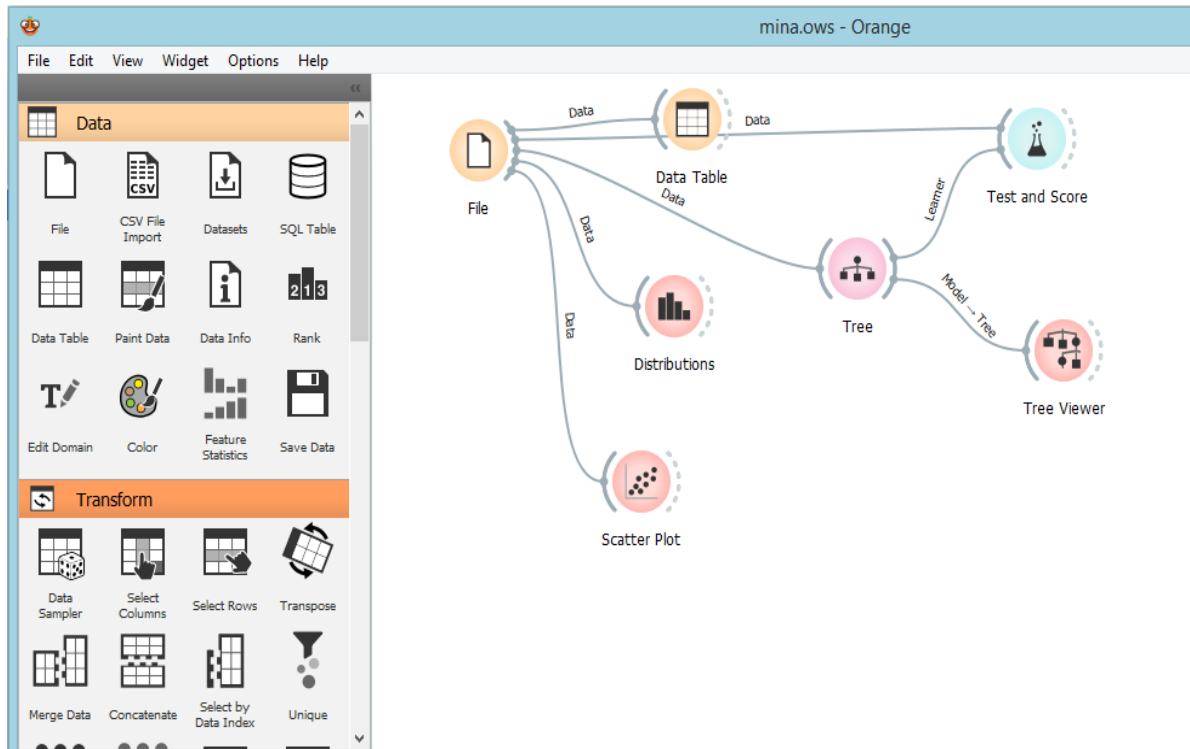


Рисунок 3 - Програма бінарної класифікації

Для перегляду бази даних використовується програмний модуль Data Table (рис. 4).

Data Table - Orange					
Info					
26 instances (no missing data)					
4 features					
Target with 2 values					
No meta attributes					
Variables					
☒ Show variable labels (if present)					
☐ Visualize numeric values					
☒ Color by instance classes					
Selection					
☒ Select full rows					
	міна	розмір, см	глибина, см	температура, С	форма
1	так	20	20	20	коло
2	ні	50	25	20	квадрат
3	так	25	30	20	прямокутник
4	ні	5	10	15	трекутник
5	так	25	25	18	коло
6	так	30	20	18	коло
7	ні	45	21	16	ромб
8	так	35	30	20	коло
9	так	35	25	25	прямокутник
10	так	40	35	22	коло
11	так	40	25	16	прямокутник
12	так	35	25	15	лепесток
13	так	25	25	23	коло
14	ні	10	15	15	лепесток
15	ні	16	10	16	ромб
16	так	35	20	22	коло
17	ні	23	20	24	пряма
18	ні	10	22	15	кріва
19	ні	10	45	20	коло
20	так	25	25	20	лепесток
21	ні	16	15	18	ромб
22	так	35	25	23	коло
23	ні	23	50	24	пряма
24	ні	15	34	15	кріва
25	ні	50	45	20	коло
26	так	25	35	21	лепесток

Рисунок 4 - Фрагмент бази даних характеристик мін для бінарної класифікації

На рис. 5 представлені модулі Distributions, де можна побачити розподіл характеристик представлених для класифікації об'єктів.

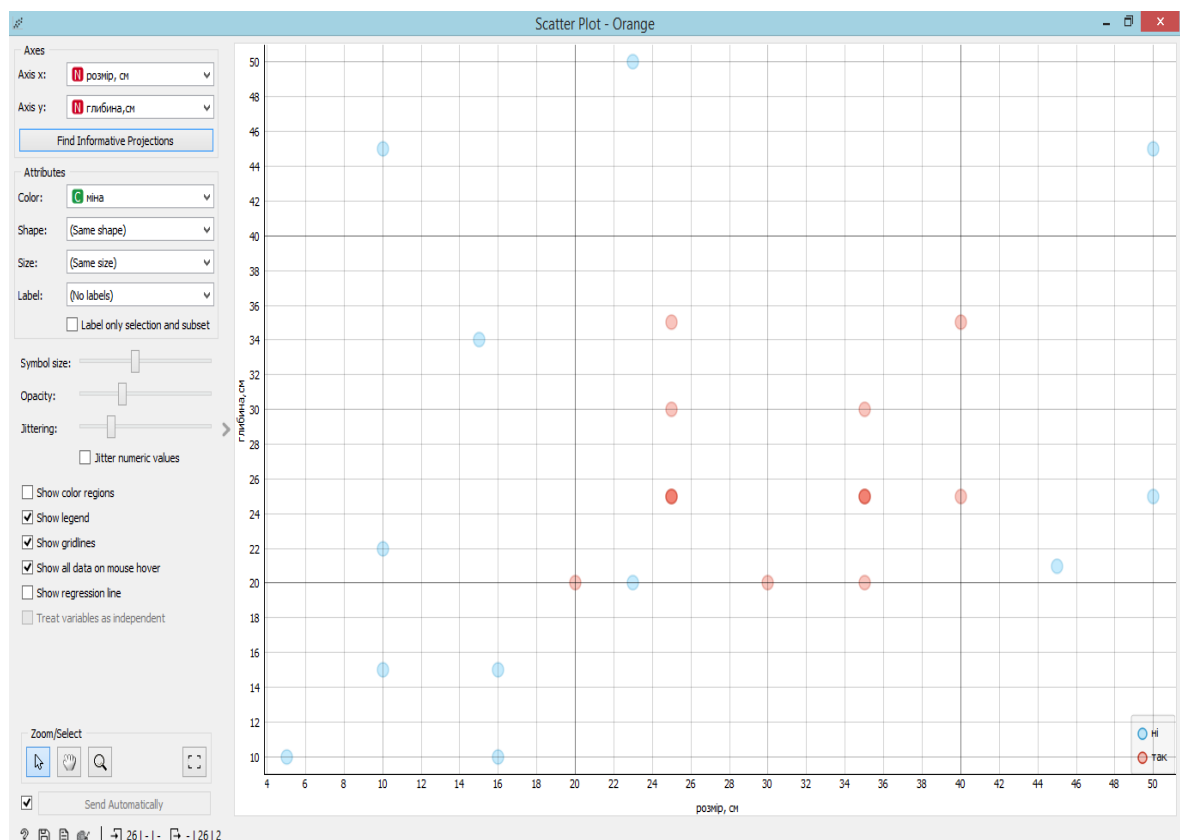


Рисунок 5 - Розподіл досліджуваних об'єктів за розміром та глибиною залягання

З метою побудови дерева використовуються модуль Test and Score (рис. 6) для оцінки якості моделі та модуль Tree з граничним значенням розрахунку дерево – 84 %. Показник адекватності моделі $AUC = 0.84$ (рис.6). Показник AUC (Area Under the ROC Curve) – це міра, яка дозволяє підсумовувати продуктивність моделі одним числом, вимірюючи площу під

кривою ROC. AUC коливається від 0 до 1, де більш високе значення AUC вказує на більш високу продуктивність отриманої математичної моделі [13].

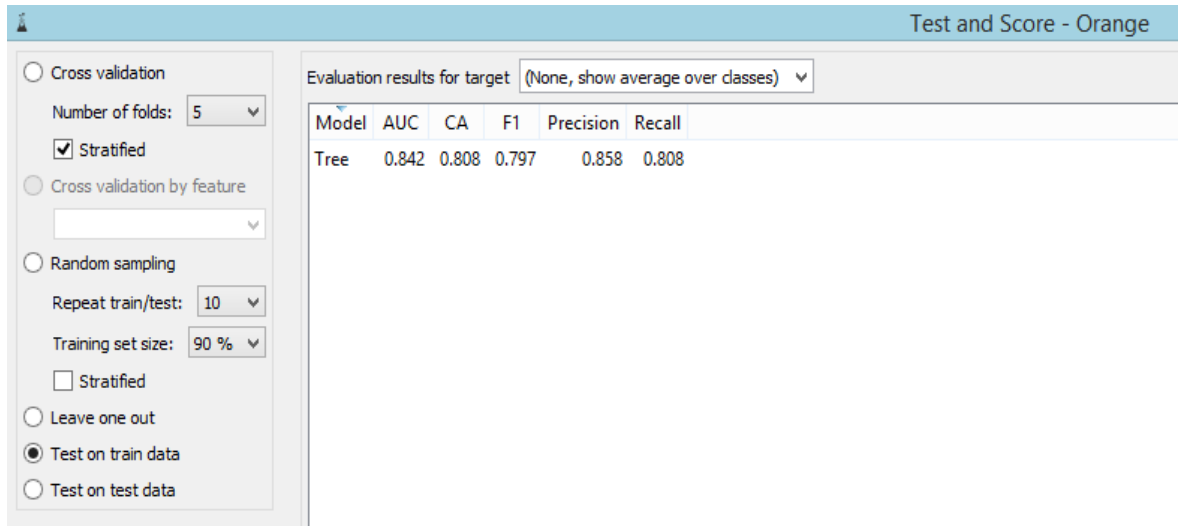


Рисунок 6 - Модуль Test and Score (аналіз якості моделі класифікації)

Розроблене програмою дерево рішення для класифікації представлено на рис. 7.

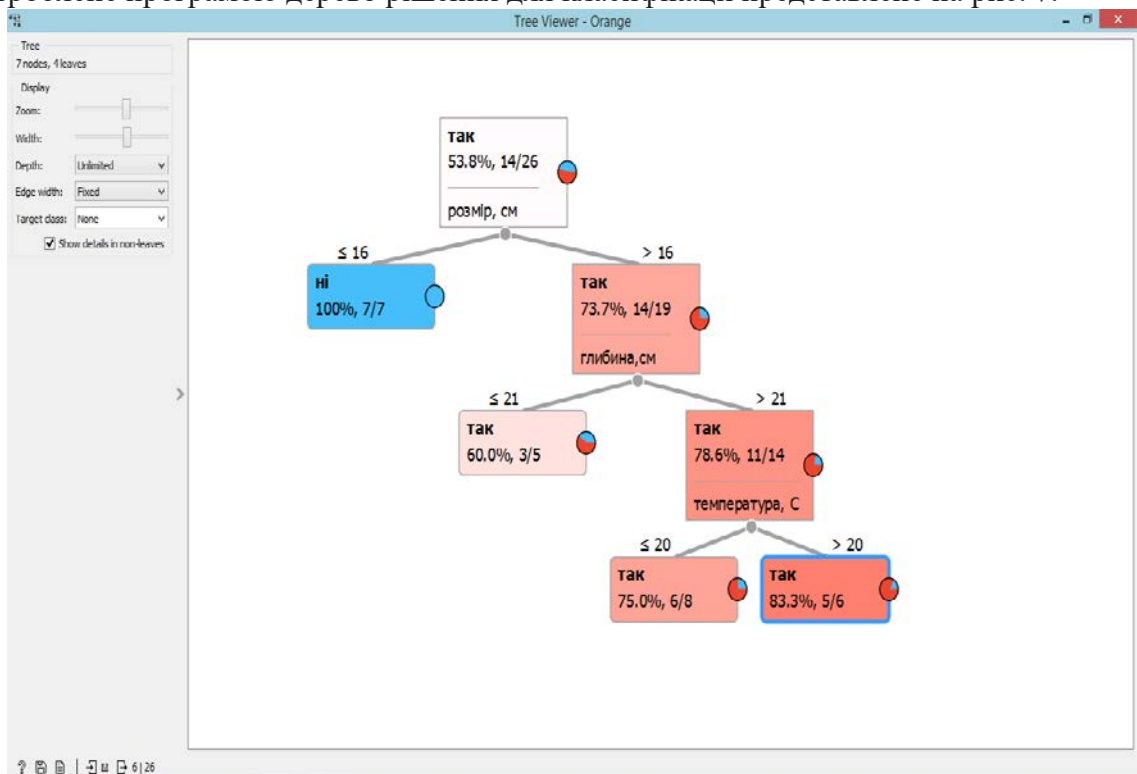


Рисунок 7 - Дерево рішень бінарної класифікації (клас міни та клас відсутності мін)

На початковому етапі дерево аналізує розмір пред'явленого предмета (протитанкової міни М 15), далі відбувається аналіз глибини залягання об'єкта, який з високою ймовірністю підходить під розмір на першому етапі (74 %). Якщо глибина залягання протитанкової міни більше 21 см, то з ймовірністю 79 % це може бути міна і для остаточного аналізу та класифікації дерево рішень (експертна система) проводить останнє порівняння з встановленою температурою (в умовах заданої температури ґрунту 20⁰ С). При температурі, вище за порогове значення, ймовірність, що пред'явлений об'єкт на знімку георадару – це протитанкова міна, складає 83 %.

Для повного аналізу даних використовувалася функція побудови дерева рішень без обмежень за кількістю гілок і листів з урахуванням параметрів форми об'єкта класифікації (рис. 8). На думку авторів, представлені дерева рішень будуть ефективним засобом допомоги оператору БПЛА із встановленим георадаром щодо пошуку мін.

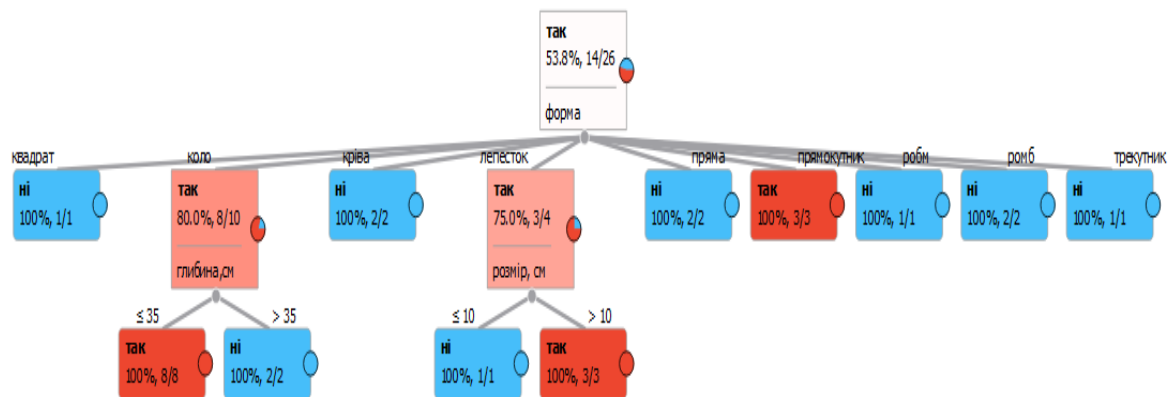


Рисунок 8 - Дерево рішень, що враховує всі вхідні параметри об'єкта класифікації

Також для отримання більш повного аналізу при класифікації невідомих об'єктів і віднесення їх до мін різного типу був використаний блок логічної регресії (Logistic Regression) Блок реалізує функцію прогнозу ймовірності віднесення нового об'єкта до класу мін чи не мін (рис. 9).

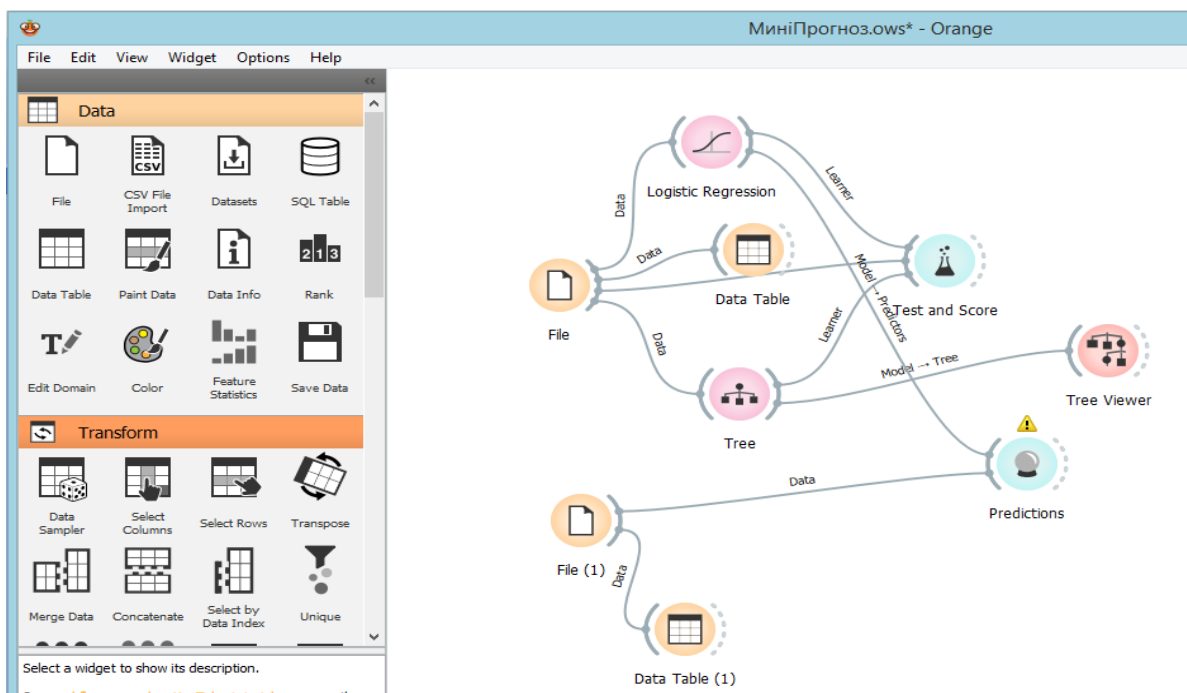


Рисунок 9 - Програма класифікації з функцією прогнозування

Показник AUC прогнозової моделі дорівнює 0,7 і можна вважати прийнятним (рис. 10).

☐

Cross validation

Number of folds:

5

☒

Stratified

☐

Cross validation by feature

☒

Random sampling

Repeat train/test:

10

Training set size:

75 %

Evaluation results for target

(None, show average over classes)

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
Tree	0.853	0.786	0.775	0.809	0.786
Logistic Regression	0.707	0.686	0.687	0.689	0.686

Рисунок 10 - Показники точності використовуваних математичних моделей

Для перевірки ефективності прогнозу було проведено експеримент із пред'явленням програмі класифікації файлу з новими даними (тестовими) (рис. 11, рис. 12).

Data Table (1) - Orange					
	міна	розмір, см	глибина, см	температура, С	форма
1	?	35	40	20	коло

a)

	міна	розмір, см	глибина, см	температура, С	форма
1	?	5	50	18	квадрат

b)

Рисунок 11. Дані тестових файлів №1 (a) та №2 (b) для визначення ймовірності віднесення до одного з класів

Результатом аналізу тестового файлу № 1 є можливість 99 % віднесення його до класу мін. Файл № 2 було віднесено до класу не мін із ймовірністю 100 % (рис.12).

Predictions - Orange

Show probabilities for: Classes known to the model Shown regression error: Difference

	Logistic Regression	міна	розмір, см	глибина, см	температура, С	форма
1	0.99 : 0.01 → ні	?	35	40	20	коло

a)

Predictions - Orange						
Show probabilities for		Classes known to the model	Shown regression error:		Difference	
Logistic Regression	міна	розмір, см	глибина, см	температура, С	форма	
1 1.00 : 0.00 → ні	?	5	50	18	квадрат	

b)

Рисунок 12. Прогнозні дані щодо тестового файлу №1 (a) та файлу №2 (b)

Таким чином, можна зробити висновок, що представлена система класифікації даних георадару з високим ступенем ймовірності проводить аналіз пред'явлених об'єктів та відносить їх бінарному класу.

Висновки. На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що наукова новизна запропонованої прикладної та подальшої експериментальної розробки полягатиме у поєднанні методів активного зондування поверхні із застосуванням електромагнітних хвиль (надсмугових зондувальних сигналів) та інфрачервоного випромінювання (температурних полів) у процесах пошуку вторинних факторів, що супроводжують пошук мін у поверхневому шарі ґрунту мінного поля. Отримані дані аналізуються запропонованою інтелектуальною системою (програмний інтерфейс з експертної системи для допомоги прийняття рішень оператором БПЛА з встановленим георадаром). При успішній роботі запропонованої інформаційної системи буде необхідно проведення додаткових розробок при класифікації мін різного типу, а також розробки методичних інструкцій з проектування, налаштування та експлуатації інформаційно-вимірювальної системи пошуку мін. Можна зазначити, що заявлене дослідження є важливим та актуальним проектом в умовах воєнних дій у нашій країні. Вирішення поставленого завдання дозволить зберегти тисячі життів нашим військовим. Також, проблема розмінування і після війни залишиться актуальною на кілька десятиліть.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Головнокомандувач ЗСУ опублікував статтю про те, як перемогти противника. Вечірній Київ. URL: <https://vechirniy.kyiv.ua/news/94449/>.
2. На Київщині провели тестування системи виявлення мін на основі БПЛА. Укрінформ. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3685433-na-kiivsini-proveli-testuvanna-sistemi-viavlenna-min-na-osnovi-bpla.html>.
3. Belkhamza Z., Wafa A. Measuring Organizational Information Systems Success: New Technologies and Practices. Universiti Malaysia Sabah, Malaysia, 2021. 366 p.
4. Kalsi H.S. Electronic instrumentation. Third edition. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education, 2020. 829 p.
5. Георадар ВІЙ-5-37. Інtron-Сет. URL: <https://intron-set.com.ua/product/georadar-viy5-37>
6. Planner. ВІЙ. URL: <https://viy.ua/r/software/planner.htm>
7. Mikhailenko V.S., Kharchenko R.Yu. Analysis of Traditional and Neuro Fuzzy Adaptive System of Controlling the Primary Steam Temperature in the Direct Flow Steam Generators in Thermal Power Stations. Automatic Control and Computer Sciences, 2014, Vol. 48, № 6, P. 334-344.
8. Raptor. ImpulseRadar. URL: <https://impulseradargpr.com/raptor/>
9. SAP Analytics Cloud. SAP. URL: https://help.sap.com/docs/SAP_ANALYTICS_CLOUD
10. Orange Data Mining. URL: <https://orangedatamining.com/>
11. Logistic Regression. AWS. URL: <https://aws.amazon.com/what-is/logistic-regression/>
12. Повертаюсь додому. Як виглядають міни, які там могли залишити окупанти? Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/31793284.html>
13. SAP Analytics Cloud. SAP. URL: https://help.sap.com/docs/SAP_ANALYTICS_CLOUD

REFERENCES:

1. The Commander-in-Chief of the Armed Forces of Ukraine published an article about how to defeat the enemy. Vechirniy Kyiv. Available at: <https://vechirniy.kyiv.ua/news/94449/> [in Ukrainian]

2. Mine detection system based on UAV tested in Kyiv region. Ukrinform. Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3685433-na-kiivsini-proveli-testuvanna-sistemi-viavlenna-min-na-osnovi-bpla.html> [in Ukrainian]
3. Belkhamsa, Z. and Wafa, A. (2021) Measuring Organizational Information Systems Success: New Technologies and Practices. Universiti Malaysia Sabah, Malaysia.
4. Kalsi, H.S. (2020) Electronic instrumentation. 3rd edn. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education.
5. Intron-Set (2024) Georadar VIY-5-37. Available at: <https://intron-set.com.ua/product/georadar-viy5-37>
6. VIY (2024) Planner. Available at: <https://viy.ua/r/software/planner.htm>
7. Mikhailenko, V.S. and Kharchenko, R.Yu. (2014) 'Analysis of Traditional and Neuro Fuzzy Adaptive System of Controlling the Primary Steam Temperature in the Direct Flow Steam Generators in Thermal Power Stations', Automatic Control and Computer Sciences, 48(6), pp. 334–344.
8. ImpulseRadar (2024) Raptor. Available at: <https://impulseradargpr.com/raptor/>
9. Orange Data Mining (2024) Orange Data Mining. Available at: <https://orangedatamining.com/>
10. Staw, A. (2024) MITER Lecture 05. Available at: http://www.andriystav.cc.ua/Downloads/MITER/Lecture_05.pdf
11. AWS (2024) Logistic Regression. Available at: <https://aws.amazon.com/what-is/logistic-regression/>
12. Returning home. What mines left by occupiers might look like? Radio Svoboda. Available at: <https://www.radiosvoboda.org/a/31793284.html> [in Ukrainian]
13. SAP (2024) SAP Analytics Cloud. Available at: https://help.sap.com/docs/SAP_ANALYTICS_CLOUD

Dr.Sci. tech. Prof. Mikhailenko V., Dr.Sci. tech. Prof.Gvozdeva I., Dr.Sci. tech. Prof. Gunchenko Y., Ph.D. Korenkova H., Ph.D. Shevchenko T.

INTELLIGENT SYSTEM FOR ANALYZING MINE PLACEMENT

The article addresses the problem of detecting and analyzing the placement of mines in minefields. An intelligent system is proposed, aimed at enhancing safety during demining operations. A new intelligent information-measuring system for minefield analysis is considered. This system is based on the use of ground-penetrating radar (UAVs with sensors) that provide continuous monitoring of the surrounding area. Surface analysis is performed using high-resolution electromagnetic waves and infrared radiation. Mine detection is achieved through intelligent methods. During the development of the intelligent system, great attention is paid to improving the accuracy of mine detection and other threats. Machine learning is used to achieve this goal. This allows for the rapid detection of mines and other threats related to explosive devices.

The main focus is on developing algorithms for processing and analyzing data obtained from sensors. Information processing from ground-penetrating radars enables operators to make quick decisions regarding movement routes and safety measures. Using ground-penetrating radars and analyzing the data obtained from them can increase the speed and accuracy of demining, reduce the risk of explosions, and optimize the use of resources by sapper units. The article also addresses the integration of this system with existing information systems and the possibility of their further development.

The proposed system reduces the time required for demining, which is critically important in active combat conditions. Implementing this technology will help save the lives of military personnel and civilians in conflict zones. This system can become an important step in ensuring the safety of military units and improve their combat effectiveness in modern armed conflict conditions.

Keywords: intelligent system, mines, ground-penetrating radar, data analysis, decision tree.

ПОГЛЯДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ОФІЦЕРСЬКОГО СКЛАДУ ОРГАНІВ ВІЙСЬКОВОГО УПРАВЛІННЯ

Тенденції розвитку сучасних воєнних конфліктів, зокрема широкомасштабна збройна агресія російської федерації проти нашої держави, удосконалення форм та способів застосування військ (сил), розвиток засобів вогневого ураження, збільшення обсягу завдань до виконання яких залучаються органи військового управління (ОВУ), впровадження принципів, процедур і стандартів, прийнятих у збройних силах держав-членів НАТО, вимагають проведення комплексу заходів, спрямованих на вдосконалення оперативної підготовки. Однією із складових оперативної підготовки є індивідуальна підготовка військовослужбовців ОВУ, яка проводиться з метою розвитку їх індивідуальних спроможностей для ефективного виконання завдань самостійно та у складі ОВУ. Безпосередньо планування застосування, управління угрупованнями військ (сил) в операціях (бойових діях), організацію взаємодії та всебічного забезпечення здійснює офіцерський склад ОВУ. Якість виконання покладених на них завдань залежить від рівня їх навченості, який являється результатом їх індивідуальної підготовки. Отже, виникає потреба в удосконаленні індивідуальної підготовки офіцерського складу.

На основі науково-методичних підходів з оцінювання ефективності індивідуальної підготовки військовослужбовців та досвіду її проведення в ОВУ Збройних Сил (ЗС) України протягом 2022 - 2024 років у статті авторами викладено погляди щодо організації та проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу в органах військового управління. Реалізація запропонованих поглядів передбачає: розробку стандартів функціональних обов'язків для типової посади, запровадження індивідуальних завдань, створення вебресурсів, впровадження сучасних форм і методів навчання.

Результати проведеного дослідження можуть бути застосовані при розробці керівних документів, що регламентують питання організації та проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу в ОВУ, а також у ході подальших досліджень з даного напрямку у наукових установах.

Ключові слова: індивідуальна підготовка; органи військового управління; організація підготовки; компетентності; ресурси; форми і методи навчання.

Вступ та постановка проблеми. Досвід застосування угруповань військ (сил) ЗС України у ході проведення антитерористичної операції, операції Об'єднаних сил та відсічі збройної агресії російської федерації свідчить, що успішне виконання ними бойових (спеціальних) завдань залежить від рівня їх боєздатності [1-4]. Безпосередній вплив на боєздатність військ (сил) здійснює рівень їх підготовленості. Саме на досягнення високого рівня підготовленості військових організаційних структур спрямована підготовка ЗС України, яка включає в себе: оперативну підготовку, бойову підготовку та підготовку персоналу [5]. Планування застосування, управління угруповань військ (сил), організацію взаємодії та їх всебічне забезпечення у ході ведення операцій (бойових дій) здійснюють ОВУ. Підготовка ОВУ здійснюється у ході оперативної підготовки. Однією із складових оперативної підготовки являється індивідуальна підготовка військовослужбовців ОВУ, у ході якої вони набувають індивідуальних спроможностей [6]. Від ефективності її організації та проведення буде залежати навченість офіцерського складу ОВУ, їх індивідуальні спроможності, необхідні для належного виконання функціональних обов'язків за посадою.

В умовах відбиття широкомасштабної збройної агресії російської федерації система індивідуальної підготовки працює неефективно та не дозволяє у повному обсязі досягти того результату, якого від неї очікували. Хоча офіцерським складом ОВУ ЗС України і було отримано бойовий досвід роботи оперативного складу пунктів управління угруповань військ (сил), але і виявлено низку проблемних питань стосовно їх навченості – результат індивідуальної підготовки.

Зазначене спонукає до пошуку та реалізації нових підходів щодо організації та проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу ОВУ, що свідчить про актуальність зазначеної теми.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз попередніх досліджень та публікацій з даного напрямку [7-15] свідчить про те, що вони переважно базуються на вдосконаленні науково-методичного апарату оцінювання індивідуальної підготовки. Так, у попередній роботі автора [7] було розроблено часткову методику оцінювання стану індивідуальної підготовки військовослужбовців в органах військового управління. У статті [8] висвітлено методичний підхід до оцінювання ефективності індивідуальної підготовки офіцерського складу науково-педагогічних працівників у вищих військових навчальних закладах. Стаття [9] присвячена оцінюванню компетентностей військовослужбовців змінного складу навчальних центрів. Роботи [10-13] присвячені оцінюванню рівня підготовленості танкової бригади у ході відновлення боєздатності, готовності навчального закладу до військової підготовки громадян за програмою підготовки офіцерів запасу, навченості бригади тактичної авіації та органів військового управління тактичного рівня. У статтях [14,15] авторами висвітлено основні напрями вдосконалення індивідуальної підготовки, але зазначене стосується лише підготовки персоналу та військовослужбовців бригади тактичної авіації.

Тому, використовуючи наявний науково-методичний апарат оцінювання індивідуальної підготовки, як базову основу, у статті авторами запропоновано погляди щодо організації та проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу органів військового управління.

Виклад основного матеріалу. Індивідуальна підготовка офіцерського складу ОВУ проводиться з метою розвитку їх індивідуальних спроможностей для ефективного використання під час самостійного виконання завдань та у складі ОВУ. Вона являється підґрунтям для їх подальшої колективної підготовки у складі ОВУ чи його структурного підрозділу.

Як свідчить досвід проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу в ОВУ, основною формою їх навчання являються заняття за предметами навчання, які проводяться у відповідності до Програми індивідуальної підготовки генералів (адміралів) офіцерів стратегічної та оперативної ланок управління ЗС України (Програма) [16]. Зміст зазначеної Програми, а саме розподіл предметів навчання, навчального часу зроблено шаблонно і не враховують компетентності офіцерів, їх освіту та спрямованість службової діяльності. Також в офіцерів різний практичний досвід, що іноді ставить під сумнів доцільність проведення з ними щорічно циклічно повторюваних навчальних занять.

У зв'язку із зазначеним, для підвищення навченості офіцерів ОВУ та сумісності системи індивідуальної підготовки ЗС України до системи підготовки збройних сил держав-членів НАТО, пропонується індивідуальну підготовку офіцерського складу організувати за такими напрямками:

- відпрацювати стандарти функціональних обов'язків для типової посади військовослужбовця ОВУ, у яких визначити вимоги до компетентностей та результатів навчання (що він повинен знати, вміти і які мати навички);

- здійснювати перевірку існуючого рівня навченості офіцерів під час їх атестування, з урахуванням вимог, які визначені у стандарті функціональних обов'язків;

- за результатами перевірки визначити офіцеру перелік компетентностей, які йому необхідно досягти протягом нового навчального року (на що звернути увагу) та індивідуальних завдань на місяць.

Вихідними даними для відпрацювання стандартів функціональних обов'язків являються обов'язки військовослужбовців, які визначені положеннями та статутами, а також інструкції щодо виконання спеціальних завдань.

Перевірку існуючого рівня навченості військовослужбовців здійснює безпосередній начальник. На перевірку виносяться питання та завдання, які офіцер повинен знати та виконувати відповідно до займаної посади. Загальна кількість запитань та завдань повинна забезпечувати об'єктивну та всебічну його оцінку.

Визначення військовослужбовцю переліку компетентностей для досягнення протягом нового навчального року здійснюється його безпосереднім начальником шляхом порівняння

результатів перевірки з вимогами, які визначені у відповідному стандарті функціональних обов'язків. Ті компетентності, якими військовослужбовець не володіє (не знає, не вміє та не має навичок), визначаються йому для досягнення.

Впровадження стандартів функціональних обов'язків надасть можливість здійснювати індивідуальний підхід до підготовки кожного офіцера з урахуванням спрямованості його діяльності.

Для розвитку самостійності у роботі, вдосконаленні ключових компетентностей для покращення результатів службової діяльності офіцерів ОВУ доцільно планувати відпрацювання індивідуальних завдань (не менше двох на рік), зміст яких повинен містити шляхи вирішення проблемних питань організації та ведення операцій (бойових дій), пошуку нових підходів з впровадження сучасних технологій у процеси планування та прийняття рішень, вдосконалення системи управління та всебічного забезпечення з урахуванням отриманого досвіду проведення операцій (бойових дій).

Заняття з предметів навчання в ОВУ систематично проводити лише з вогневої і фізичної підготовки, для решти предметів навчання розробити на платформі дистанційного навчання навчально-методичні матеріали (НММ) для відповідних занять. Зазначене дозволить навчатися у зручний час, що є важливим з урахуванням чисельних відряджень або залучення особового складу до несення служби в добовому наряді та використовувати необхідний НММ для підвищення своєї навченості.

Самостійну роботу визначити основною формою навчання офіцерського складу ОВУ, яку проводити у визначені розпорядком дня години, з метою самостійного пошуку, вивчення, закріплення та поглиблення знань, формування і набуття умінь та навичок, підтримання й покращення загальних і спеціальних фізичних якостей, виконання функціональних обов'язків, підтримання відповідного рівня знань з іноземної мови, підготовки до проведення заходів оперативної підготовки, виконання індивідуальних завдань та постійного самовдосконалення.

Самостійна робота повинна бути забезпечена інформаційно-методичними засобами (програми, методичні вказівки, підручники, навчальні посібники тощо). Навчально-методичні матеріали для проведення самостійної роботи повинні передбачати можливість проведення самоконтролю. Завдання на самостійну роботу визначаються кожному офіцеру з урахуванням тематики заходів оперативної підготовки, рівня навченості та освіти військовослужбовця, характеру його службової діяльності.

Керівникам структурних підрозділів ОВУ забезпечити залучення підлеглих до проведення самостійної роботи, особисто здійснювати контроль її проведення, виключити можливість залучення особового складу у визначений час до інших заходів.

Курсову підготовку проводити лише у Національному університеті оборони України (НУОУ), як виняток, за кордоном під керівництвом іноземних інструкторів щодо процесу оперативного планування в ОВУ за процедурами і стандартами держав-членів НАТО та організації їх роботи. Добір кандидатів на курсову підготовку здійснювати на підставі планів переміщення по службі з числа офіцерів, зарахованих до резерву кандидатів для просування по службі, на підставі щорічних планів підвищення кваліфікації військовослужбовців та з урахуванням їх участі у попередніх курсах за напрямом діяльності. Направляти військовослужбовців ОВУ на курсову підготовку необхідно не рідше одного разу на 5 років з метою отримання принципово нових знань, удосконалення умінь та навичок, які їм необхідні для виконання функціональних обов'язків. Навчальні план-програми курсів підвищення кваліфікації, компетентності та результати навчання, яких необхідно досягнути, розробляти робочою групою у складі представників від замовника та НУОУ.

В умовах збройної агресії російської федерації проти України доцільно курсову підготовку проводити у два етапи: перший – дистанційний (теоретичний), у ході якого навчаємі в пунктах постійної дислокації, вивчають теоретичний матеріал занять із використанням інформаційно-телекомунікаційних ресурсів (платформи дистанційного навчання); другий – у НУОУ (практичний) в аудиторіях, де навчаємі розробляють бойові документи, виконують відповідні розрахунки, готують пропозиції для прийняття рішень, беруть участь у плануванні операцій, здійснюють доведення бойових завдань до підпорядкованих військових організаційних структур.

Збори в ОВУ необхідно проводити під загальним керівництвом командувачів (командирів, начальників) ОВУ, їх заступників (керівників структурних підрозділів ОВУ) з метою поглиблення та закріплення знань у сфері воєнного мистецтва, вивчення вимог керівних документів, вдосконалення умінь і навичок військовослужбовців у виконанні функціональних обов'язків як у мирний час, так і в особливий період, обміну досвідом та досягнення єдності поглядів і підходів до навчання, формату і методики проведення заходів оперативної підготовки. Досвід проведення заходів оперативної підготовки свідчить, що доцільно планувати збори на початку навчального року терміном 3-5 діб. Під час їх проведення більша частина часу повинна відводитися на заходи, які мають практичну спрямованість (практичні, інструкторсько-методичні та показові заняття, робота в синдикатах, оперативні літучки). Кількість теоретичних занять повинна бути мінімальною. Для обговорення проблемних питань, вироблення шляхів їх вирішення, впровадження передового досвіду, вироблення єдиних підходів для проведення заходів оперативної підготовки доцільно проводити такі види занять як семінари, круглі столи,.

Важливу роль відіграє створення вебресурсів, що мають можливість забезпечувати і дистанційне навчання. Зазначені вебресурси можуть містити:

- методичні рекомендації щодо їх використання, послідовності виконання навчальних завдань, особливостей контролю знань та умінь;

- відеоматеріали показових навчань (тренувань, занять), інструкторсько-методичних занять. У матеріалах відображати методику роботи посадових осіб під час підготовки і в ході проведення зазначених заходів;

- відео- та аудіозаписи навчальних занять з предметів індивідуальної підготовки. Після кожного навчального питання розробляти тестові завдання для перевірки закріплення знань. За потреби має бути передбачена можливість отримати консультативну допомогу фахівців, відповідальних за предмет навчання (курс, відеоурок) спілкуючися з ними в режимі онлайн;

- термінологічні словники;

- практичні завдання з методичними рекомендаціями щодо їх виконання;

- віртуальні тренажери з методичними рекомендаціями щодо їх використання;

- пакети тестових завдань для проведення контрольних заходів, тестування з автоматизованою перевіркою результатів;

- електронні бібліотеки чи посилання на них;

- матеріали досвіду проведення заходів підготовки військ (сил) та їх бойового застосування у ході збройної агресії російської федерації, участі в миротворчих операціях як ЗС України так і збройних сил провідних країн світу. Вкрай важливо щоб бойовий досвід, набутий під час відбиття збройної агресії російської федерації, не був втрачений і військовослужбовці зазначене використовували у своїй діяльності.

- інші ресурси навчального призначення.

Слід зауважити, що одним із шляхів підвищення якості індивідуальної підготовки офіцерів є впровадження інтерактивних методів навчання [17]. Порівняно з традиційним, інтерактивне навчання дозволяє офіцерам брати активну участь у цьому процесі: формулювати та ставити запитання, одержувати конкретні та розширені відповіді і пояснення, накопичувати необхідний досвід для подальшої професійної діяльності, дискутувати при розгляді проблемних питань, обґрунтовувати та доводити власну позицію.

Інтерактивне навчання передбачає постійну взаємодію всіх учасників навчального процесу. Це процес взаємонавчання, де той хто навчає і ті хто навчаються є рівноправними учасниками навчального процесу. Безпосередньо сама організація інтерактивного навчання передбачає моделювання різноманітних ситуацій, їх спільного вирішення на основі аналізу обстановки з використанням інтерактивних технологій, які поділяються на чотири групи: фронтальна, колективно-груповая, ситуативна та навчання у дискусії. До основних методів які можливо використовувати під час проведення індивідуальної підготовки офіцерів відносяться: ділові ігри, мозковий штурм, метод кейсів.

Ділові ігри за своєю сутністю є імітацією, спрощеним моделюванням реальної практичної управлінської, виробничої або економічної ситуації, що відтворюється за допомогою певної групи залучених до цієї діяльності осіб. У цьому випадку кожен із учасників навчання відповідно до визначених правил гри виконує певні завдання,

передбачені його роллю, вчиняє конкретні дії, аналогічні реальній ситуації. В основі застосування ігрових методів навчання лежить пошук найбільш відповідного варіанта виконання поставленого завдання або вирішення визначеної проблеми. Основною метою реалізації методу ділової гри в навчанні є розвиток навичок теоретичного та практичного мислення, управлінських, операційних, аналітичних умінь.

Мозковий штурм є одним із базових і найбільш поширених методів при генеруванні творчих ідей щодо напрямів виконання поставлених завдань і розв'язання проблем. В основу його застосування покладено принцип швидкого продукування пропозицій про шляхи досягнення певної чітко сформульованої мети, наступного їх колективного аналізу та визначення найбільш пріоритетних. Важливим у цьому процесі є розуміння, що не можна надавати негайну оцінку чи критику висловлених поглядів, потрібно лише відображати їх на папері. Учасники групи мають чітко знати, що при використанні методики не може бути хибних думок, не потрібними є їх обґрунтування та пояснення – усі представники мають обмінюватися ідеями, зокрема розвиваючи чужі. Встановлено, що головною метою використання методу, який аналізується, є стимулювання в учасників творчої активності, динамічності процесів мислення, абстрагування від усталених поглядів та зосередження зусиль на конкретній практичній меті.

Метод кейсів становить удосконалений інтерактивний засіб аналізу конкретних подій, їх проблемного та критичного дослідження, що базується на забезпеченні навчання шляхом вирішення конкретних цільових завдань (вирішення конкретних ситуаційних кейсів). Так, при його використанні учасники, навчання яких проводиться, мають розглянути конкретний випадок, розібратися в його складнощах, запропонувати всі можливі альтернативні варіанти їхнього подолання, вибрати найоптимальніші з них, розробити план його реалізації.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. Таким чином, у статті наведено погляди щодо удосконалення організації та проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу ОВУ. Основними з яких є: розробка стандартів функціональних обов'язків для типової посади, запровадження індивідуальних завдань, створення вебресурсів, впровадження сучасних форм та інтерактивних методів навчання.

Результати проведеного дослідження можуть бути застосовані при розробці керівних документів, що регламентують питання організації та проведення індивідуальної підготовки офіцерського складу в ОВУ, а також у ході подальших досліджень з даного напрямку у наукових установах.

Перспективами подальших наукових досліджень у даному напрямі може бути обґрунтування рекомендацій щодо організації та проведення колективної підготовки в органах військового управління.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Neorhadze O. Metod's for assessing the level of the organization of joint training of defence forces // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2022. No 2 (44). С. 43–47. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-44-2-43-47>.
2. Георгадзе О.А., Пехота С.Г., Ключак О.М., Чайковська О.Є., Кондратюк С.М., Черномаз О.О. Методичний підхід до оцінювання рівня боєздатності військової частини // Збірник наукових праць військового інституту Київського Національного університету імені Тараса Шевченка. 2023. No 80. С. 14–24. <http://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/80-02>.
3. Георгадзе О.А., Петров В.А. Часткова методика оцінювання рівня методичної діяльності кафедри військової підготовки // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2022. No 1 (43). С. 99–104. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-43-1-99-104>.
4. Георгадзе О.А., Салаш О.А. Обґрунтування сукупності показників до комплексної методики оцінювання ефективності оперативної підготовки // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки. 2022. No 3 (88). С. 5–17. <https://doi.org/10.32453/3.v88i3>.
5. Доктрина з організації підготовки у Збройних Сил України: за станом на 03 лип. 2020 р. – К.: Генеральний штаб Збройних Сил України, 2020. – 34 с. (Нормативний документ Генерального штабу Збройних Сил України. Доктрина).

6. Про затвердження Настанови з оперативної підготовки у Збройних Силах України: наказ Генерального штабу Збройних Сил України від 13.02.2021 №14.
7. Салаш О.А., Георгадзе О.А. Часткова методика оцінювання стану індивідуальної підготовки військовослужбовців в органах військового управління // *Journal of Scientific Papers "Social development and security"*. 2022. Vol. 12. No 5. С. 10–20. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.2>.
8. Георгадзе О.А., Пампуха І.В., Шевчук В.В., Пехота С.Г., Чайковська О.Є. Методичний підхід до оцінювання ефективності індивідуальної підготовки офіцерського складу науково-педагогічних працівників у вищих військових навчальних закладах // *Збірник наукових праць військового інституту Київського Національного університету імені Тараса Шевченка*. 2022. No 76. С. 130–138. <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2022/76-11>.
9. Vynokurov D., Heorhadze O. Partial methodology for assessing the younger specialists competence level in the training center // *Journal of Scientific Papers "VUZF REVIEW"*. 2020. Vol. 5. No 1. P. 50–53. <https://doi.org/10.38188/2534-9228.20.1.07>.
10. Георгадзе О.А., Харабара В.І. Часткова методика оцінювання рівня підготовленості танкової бригади у ході відновлення боєздатності // *Journal of Scientific Papers "Social development and security"*. 2019. Vol. 9. No 4. С. 131 – 142. <https://doi.org/10.33445/sds.2019.9.4.10>.
11. Heorhadze O., Kamalov Y. Methods for assessing the readiness level of an educational institution for military training of citizens according to the program of reserve officers // *Political Science and Security Studies Journal*. 2020. Vol. 1. № 2. P. 90 – 97. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4521176>.
12. Piekhot, S., Heorhadze, O., Kharabara, V. Partial methodology for assessing the level of learning of tactical aviation brigade personnel // *Political Science and Security Studies Journal*. 2021. Vol. 2. № 1. P. 68 – 73. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4818549>.
13. Георгадзе О.А., Макаліш О.В. Методичний підхід до оцінювання рівня навченості органів військового управління тактичного рівня // *Збірник наукових праць Центру військово-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. 2016. No 3 (58). С. 104–108. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2016-3-58/104-108>.
14. Тіхонов Г.М., Кірілкін Є.І., Шпанчук Г.В., Смірнов І.І. Напрями удосконалення професійного розвитку офіцерського складу щодо підвищення бойових спроможностей військ (сил) // *Збірник наукових праць Центру військово-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. 2022. No 3 (76). С. 111–117. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2022-3-76/111-117>.
15. Пехота С.Г., Курбан В.А. Рекомендації щодо організації і проведення індивідуальної підготовки офіцерів бригади тактичної авіації // *Journal of Scientific Papers "Social development and security"*. 2021. Vol. 11 No 2. С. 231 – 237. <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.2.20>.
16. Програми індивідуальної підготовки генералів (адміралів) офіцерів стратегічної та оперативної ланок управління ЗСУ. ВКДП 7-00(03).01 15.06.2021.-38 с.
17. Інтерактивні методи навчання у вищій школі : монографія / Д. П. Антюшко, В. С. Володавчик, Л. І. Сеногонова та інші. – Харків: Видавництво Іванченка І. С., 2022. – 189 с.

REFERENCES:

1. Heorhadze O. Metod's for assessing the level of the organization of joint training of defence forces // *Suchasni informatsiyni tehnologiyi u sferi bezpeki ta oboroni*. 2022. No2 (44). Pp. 43–47. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-44-2-43-47>.
2. Georgadze O.A., Pehota S. G., Klyuchak O.M., Chaikovska O.Y., Kondratiuk S.M., Chornomaz O.O. Metodychnyy pidkhid do otsinyuvannya rivnya boezdatnosti viyskovoi chastnini // *Zbirnyk naukovykh prats viyskovoho instytutu Kyivskoho Natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*. Kyiv, 2023. No 80. Pp. 14–24. <http://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/80-02>.
3. Georgadze O.A., Petrov V.A. Chastkova metodyka otcinjuvannja rivnja metodychnoi' dijal'nosti kafedry vijs'kovoi' pidgotovky // *Suchasni informatsiyni tehnologiyi u sferi bezpeki ta oboroni*. 2022. Kyiv. № 1 (43). Pp. 99–104. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-43-1-99-104>.
4. Georgadze O.A., Salash O.A. Obgruntuvannja sukupnosti pokaznykiv do kompleksnoi' metodyky otcinjuvannja efektyvnosti operatyvnoi pidhotovky // *Zbirnyk naukovykh prac' Nacional'noi' akademii' Derzhavnoi' prykordonnoi' sluzhby Ukrayini*. Serija: viyskovi ta technichni nauky. 2022. No 3 (88). Pp. 5–17. <https://doi.org/10.32453/3.v88i3>.
5. Doktrina z organizatsiyi pidgotovki u Zbroynih Syl Ukrayiny: za stanom na 03 lip. 2020 r. – K.: Generalniy shtab Zbroynih Sil Ukrayini, 2020. – 34 p. (Normativniy dokument Generalnogo shtabu Zbroynih Syl Ukrayiny. Doktrina).

6. Pro zatverdzhennya Nastanovi z operativnoyi pidgotovki u Zbroynih Silah Ukrayini: nakaz Generalnogo shtabu Zbroynih Sil Ukrayini vid 13.02.2021 #14.
7. Salash O.A., Georgadze O.A. Chastkova metodyka otsynuyannya stanu individual'noyi pidhotovky viys'kovosluzhbovtziv v orhanakh viys'kovoho upravlinnya // Journal of Scientific Papers "Social development and security". 2022. Vol. 12. No 5. Pp.10–20. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.2>.
8. Georgadze O.A., Pampukha I.V., Shevchuk V.V., Pehota S. G., Chaikovska O. Y. Metodychnyy pidkhid do otsynuyannya efektyvnosti individualnoyi pidhotovky ofiterskoho skladu naukovopedahohichnykh pratsivnykiv u vyshchykh viyskovykh navchalnykh zakladakh // Zbirnyk naukovykh prats viyskovoho instytutu Kyivskoho Natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Kyiv, 2022. No 76. Pp. 130–138. <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2022/76-11>.
9. Vynokurov D., Heorhadze O. Partial methodology for assessing the younger specialists competence level in the training center // Journal of Scientific Papers "VUZF REVIEW". 2020. Vol. 5. No 1. P. 50–53. <https://doi.org/10.38188/2534-9228.20.1.07>.
10. Georgadze O.A., Harabara V.I. Chastkova metodika otsynuyannya rivnya pidgotovlenosti tankovoyi brigadi u hodi vidnovlennya boezdatnosti. Journal of Scientific Papers "Social development and security". 9(4), Pp. 131 – 142. <https://doi.org/10.33445/sds.2019.9.4.10>.
11. Heorhadze O., Kamalov Y. Methods for assessing the readiness level of an educational institution for military training of citizens according to the program of reserve officers // Political Science and Security Studies Journal. 2020. Vol. 1. № 2. Pp. 90–97. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4521176>.
12. Piekhota, S., Heorhadze, O., Kharabara, V. Partial methodology for assessing the level of learning of tactical aviation brigade personnel // Political Science and Security Studies Journal. 2021. Vol. 2. № 1. P. 68 – 73. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4818549>.
13. Georgadze O.A., Makalish O.V. Metodychnyy pidkhid do otsynuyannya rivnya navchenosti orhaniv viyskovoho upravlinnya taktychnoho rivnya // Zbirnyk naukovykh prats Tsentru viyskovo-stratehichnykh doslidzhen Natsiona'noho universytetu oborony Ukrayiny imeni Ivana Chernyakhovskoho. 2016. № 3 (58). C. 104 – 108. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2016-3-58/104-108>.
14. Tikhonov G.M., Kirilkin E.I., Shpanchuk G.V., Smirnov I.I. Directions for Improving the Professional Development of Officers to Enhance the Combat Capabilities of Troops (Forces) // Zbirnyk naukovykh prats Tsentru viyskovo-stratehichnykh doslidzhen Natsiona'noho universytetu oborony Ukrayiny imeni Ivana Chernyakhovskoho. 2022. № 3 (76). C. 111–117. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2022-3-76/111-117>.
15. Pekhota S.G., Kurban V.A. Recommendations for organising and conducting individual training for tactical aviation brigade officers. // Journal of Scientific Papers "Social development and security". 2021. Vol. 11 No 2. C. 231 – 237. <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.2.20>.
16. Individual training programmes for generals (admirals) of officers of the strategic and operational command of the Armed Forces of Ukraine. VKDP 7-00(03).01 15.06.2021.-38 p.
17. Interactive methods of teaching in higher education: monograph / D. P. Antiushko, V. S. Volodavchuk, L. I. Senogonova / Kharkiv: Ivanchenko IS Publishing House, 2022. 189 p.

**Dr. Mil. Sci., Prof. Repilo I.E., PhD Heorhadze O.A., PhD Vynokurov D.V.,
PhD Kamalov E.V., Chaikovska O.E., Klyuchak O.M.**

VIEWS ON THE ORGANISATION AND CONDUCT OF INDIVIDUAL TRAINING OF OFFICERS OF MILITARY COMMAND AND CONTROL BODIES

Trends in the development of modern military conflicts, in particular the large-scale armed aggression of the Russian Federation against our country, improvement of forms and methods of employment of troops (forces), development of firearms, increase in the scope of tasks involving military command and control, implementation of principles, procedures and standards adopted by the armed forces of NATO member states, require a set of measures aimed at improving operational training. One of the components of operational training is the individual training of servicemen of the military command and control, which is conducted with the aim of developing their individual capabilities to perform tasks effectively independently and as part of the military command and control. Directly planning the use, commanding groups of troops (forces) in operations (combat actions), organising interaction and comprehensive support is carried out by the officers of the military command and control. The quality of performance of their tasks depends on the level of their training, which is the result of their individual training. Thus, there is a need to improve the individual training of officers.

Based on the scientific and methodological approaches to assessing the effectiveness of individual training of servicemen and the experience of its conduct in the military education institutions of the Armed Forces of Ukraine during 2022-2024, the article presents the authors' views on the organisation and conduct

of individual training of officers in military administration. The implementation of the proposed views involves: development of standards of functional responsibilities for a typical position, introduction of individual tasks, creation of web resources, introduction of modern forms and methods of training.

The results of the study can be used in the development of guidelines regulating the organisation and conduct of individual training of officers in the military command and control, as well as in the course of further research in this area in academic institutions.

Keywords: individual training; military command and control; organisation of training; competences; resources; forms and methods of training.

ОСОБЛИВОСТІ АДМІНІСТРАТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИНАХ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

У статті розглядається сучасний стан адміністративної діяльності у військових частинах України. Проаналізовано основні тенденції та виклики, які впливають на цю діяльність. На основі проведеного дослідження розроблено рекомендації щодо покращення адміністративної ефективності у військових частинах України в умовах сучасних викликів. Автори використовують комбінацію теоретичного аналізу та емпіричних даних для висвітлення ключових аспектів адміністративної діяльності, включаючи організаційну структуру, управління персоналом, логістику та комунікації. Стаття надає важливий внесок у розуміння того, як військові частини можуть ефективно адаптуватися до сучасних умов, забезпечуючи при цьому високий рівень готовності та оперативності.

Розкрито завдання управління персоналом у військових організаційних структурах. Описано деякі елементи адміністративної діяльності у військових частинах такі як безпека за напрямками реалізації, що включає в себе комплекс заходів, спрямованих на захист військових частин та особового складу від зовнішніх і внутрішніх загроз; ефективність за певними критеріями, дотримання яких дозволить забезпечувати досягнення поставлених цілей вчасно, транспарентність для зниження рівня корупції через прозоре висвітлення інформації, що дасть змогу громадськості контролювати діяльність військових частин та запобігання різних порушень і зловживань. Відзначено, що автоматизація є важливим фактором, який впливає на адміністративну діяльність у військових частинах України. Застосування автоматизованих систем дасть змогу значно підвищити ефективність адміністративної діяльності, документообігу, забезпечуючи швидкий обмін інформацією, автоматизацію рутинних завдань та прийняття рішень на основі даних. Автоматизовані системи можуть допомогти військовим частинам поліпшити ефективність виконання таких завдань, як управління запасами, логістика та управління персоналом. Це може допомогти військовим частинам заощадити час і ресурси, а також підвищити точність і надійність своїх операцій. Висновки та рекомендації, представлені в статті, мають на меті сприяти розробці стратегій для підвищення адміністративної ефективності у військових частинах.

Ключові слова: адміністративна діяльність, військові частини, сучасні виклики, управління в армії, технологічні інновації, міжнародна безпека, Збройні Сили України.

Вступ. Адміністративна діяльність є важливим компонентом військового управління. Вона забезпечує ефективне функціонування військ і дозволяє їм досягати поставлених цілей. У військових частинах адміністративна діяльність спрямована на забезпечення військ матеріальними ресурсами, персоналом, фінансовими ресурсами та управління військами. Сучасні умови, в яких діють військові частини Збройних Сил України, характеризуються рядом особливостей, які впливають на адміністративну діяльність. До таких особливостей можна віднести: швидке зростання ролі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). ІКТ дозволяють значно підвищити ефективність управління військами, забезпечуючи швидкий обмін інформацією, прийняття рішень та контроль за виконанням завдань. Зростання складності та спеціалізації завдань, які виконують військові частини. Це вимагає від адміністративних органів більшої гнучкості та адаптивності. Збільшення ролі міжнародного співробітництва, особливо в умовах військової російської агресії, коли на боці України, виявили бажання проходити службу особи з інших країн, від адміністративних органів військових

частинах все частіше вимагається удосконалення навичок взаємодії з представниками інших культур. Особливості адміністративної діяльності у військових частинах в сучасних умовах вимагають комплексного дослідження. Таке дослідження дозволить визначити основні тенденції та виклики, які впливають на адміністративну діяльність, а також розробити рекомендації щодо її покращення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Специфічні питання, які виникають у процесі економічної діяльності військових формувань, були аналізовані фахівцями у сферах господарського права, цивільного права, органів державної влади та військової адміністрації. Дослідження В. Белова, І. Березовська, П. Богуцького, Г. Буканов, О. Вінника, В. Галуцького, О. Гриза П. Діхтієвський, С. Єсімов, О. Зельдії, І. Кириленка, П. Кондика, О. Кузьменко, М. Ковалів, О. Правоторової О. Суркова, Г. Шаульська та ін. Держава та інших зосереджувалися на ключових аспектах управління військовим господарством, характеристиках правового режиму військово-економічної діяльності у контексті сучасного стану Збройних Сил України, як особливого типу економічного суб'єкта. Окремі роботи, зокрема А. В. Венедиктова, В. В. Віноградова, В. В. Лесового, О. М. Пащеї, М. З. Романюка, В. С. Щербини та Л. М. Сморгачової, були присвячені правовому статусу майна військових частин, в тому числі набутого через їхню власну господарську діяльність. Актуальним питанням адміністративної діяльності фахівців служб персоналу в умовах воєнного стану, приділяють в своїх роботах О. Безпалової, О. Даценко, Ю. Костенко, І. Половінкіна, С. Солодовника, О. Тракалюк, В. Федоровича, С. Чумаченко О. Яцино, [1, 2, 9, 10, 14, 16].

Метою статті є дослідження особливостей адміністративної діяльності у військових частинах в контексті сучасних умов. Це включає вивчення впливу технологічних інновацій, змін у міжнародній безпеці, а також внутрішніх організаційних та управлінських трансформацій.

Виклад основного матеріалу. Адміністративна діяльність у військових частинах має багатовікову історію. Вона виникла з необхідності організації та управління військовими організаційними структурами. Перші зачатки адміністративної діяльності можна простежити в давніх арміях, таких як армія Стародавнього Єгипту, Стародавньої Греції та Риму. У цих арміях існували спеціальні посадові особи, які відповідали за забезпечення військ продовольством, зброєю та іншими необхідними ресурсами. У середні віки адміністративна діяльність у військових частинах була більш розвинена, ніж у Стародавньому світі. У цей період з'явилися такі важливі адміністративні інститути, як штаб і канцелярія. Штаб відповідав за планування і керівництво військовими операціями, а канцелярія – за документообіг і управління персоналом. У епоху Відродження адміністративна діяльність у військових частинах продовжувала розвиватися. У цей період з'явилися такі нові адміністративні інститути, як інспекторат та інтендантство. Інспекторат відповідав за нагляд за станом військ, а інтендантство – за забезпечення військ продовольством і амуніцією.

У XIX столітті адміністративна діяльність у військових частинах стала ще більш складною і спеціалізованою. У цей період з'явилися такі нові адміністративні інститути, як логістика, управління персоналом і фінансове управління. Логістика відповідала за забезпечення військ матеріальними ресурсами, управління персоналом – за управління особовим складом, а фінансове управління – за управління фінансовими ресурсами. У XX столітті адміністративна діяльність у військових частинах продовжувала розвиватися. У цей період з'явилися такі нові адміністративні інститути, як інформаційно-комунікаційні технології та управління зведеними силами. Інформаційно-комунікаційні технології дозволяють значно підвищити ефективність управління військами, а управління зведеними силами – здійснювати управління силами, які складаються з підрозділів різних видів і родів військ.

Згідно з 17-ю статтею Конституції України, основним завданням Збройних Сил України є захист суверенітету, територіальної цілісності та непорушності держави. Військові частини є ключовим елементом структури Збройних Сил, оскільки вони відіграють важливу роль у бойовій підготовці та управлінні адміністративно-господарськими процесами. Закон України «Про господарську діяльність у Збройних Силах України» у своїй третій статті конкретизує, хто входить до переліку суб'єктів, які займаються господарською діяльністю у рамках Збройних Сил. Відповідно до цього положення, суб'єктами господарської діяльності в Збройних Силах України є військові частини, а також різні заклади, установи та організації, що фінансуються з

державного бюджету, ведуть самостійне господарство та мають окремий бюджет доходів і витрат [5].

В умовах російської навали виникла нагальна необхідність створення нових військових організаційних структур. Так 24 лютого 2022 р за Указом Президента України від. № 68/2022 «Про утворення військових адміністрацій» створено 24 обласні та міську адміністрації у Києві, а також районні військові адміністрації для здійснення керівництва в оборонній сфері та громадської безпеки та підтримання порядку. Відповідно до територіального устрою та порядку утворення і припинення діяльності, а також порядок комплектування військової адміністрації їх розподіляють на обласні; районні і населені пункти (одного чи кількох населених пунктів). Окремим видом військових адміністрацій у межах усіх трьох вищезазначених видів військових адміністрацій є військові адміністрації областей, районів та населених пунктів, у яких до утворення військових адміністрацій діяли військово-цивільні адміністрації. При цьому повноваження військово-цивільних адміністрацій населених пунктів припиняються з дня початку здійснення відповідних військових адміністрацій своїх повноважень, а повноваження районів та областей – у день набрання чинності актом Президента України про утворення відповідних районних, обласних військових адміністрацій. Також зважаючи на функціональною компетенцією районні та обласні військові адміністрації поділяються на два види військові адміністрації - ті, що створені для здійснення керівництва у сфері оборони, громадської безпеки та порядку, та ті, що створені для забезпечення дії Конституції та законів України у разі відсутності змоги скликати сесії місцевих рад у строки, що встановлені Законом України «Про місцеве самоврядування в Україні», або у разі припинення своїх повноважень згідно з законодавством [4, 8].

Військові адміністрації населених пунктів можуть утворюватися лише в тих населених пунктах, у яких сільські, селищні, міські ради та/або їх виконавчі органи не здійснюють повноваження, покладені на них Конституцією та законами України (у тому числі внаслідок фактичного саморозпуску), або самоусунення від виконання своїх повноважень, або їх фактичне невиконання, або припинення повноважень відповідно до закону) [8].

Щодо військових частин, то їх реєстрація відбувається згідно з встановленим Порядком як учасників господарської діяльності в Збройних Силах, що затверджений постановою Кабінету Міністрів України у 2011 році № 749. Цей процес має на меті забезпечення військових частин додатковими фінансовими ресурсами для підтримки їх бойової та мобілізаційної готовності на високому рівні. Реєстрація військових частин як суб'єктів господарської діяльності включає їх до відповідного реєстру [11].

Основою адміністративної діяльності військової частини є штаб. Штаб відповідає за планування, організацію, управління та контроль всіх напрямків діяльності військової частини.

Управління персоналом у військових частинах України здійснюється відповідно до Закону України «Про військовий обов'язок і військову службу» та нормативно-правових актів Міністерства оборони України. Основними завданнями управління персоналом у військових організаційних структурах, можна назвати рекрутинг, підготовка, управління кар'єрою [15]. На рис. 1 наглядно представлені завдання процесів управління персоналом.

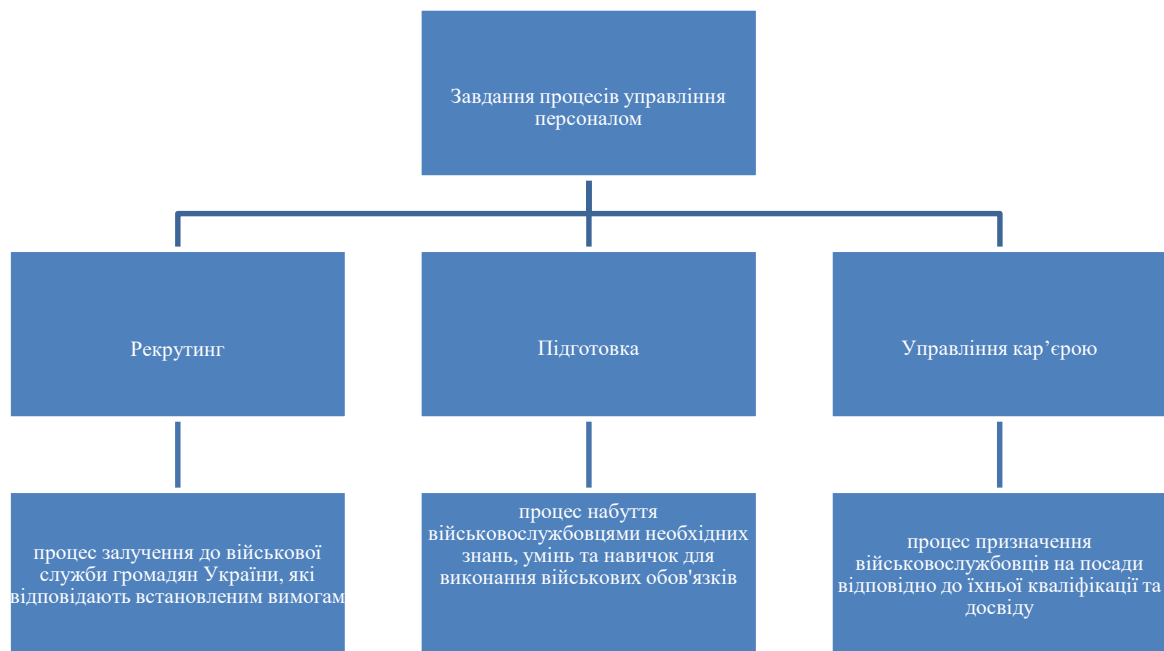


Рисунок 1 – Завдання управління персоналом у військових організаційних структурах

Логістика у військових частинах України здійснюється відповідно до Закону України «Про оборону України» та нормативно-правових актів Міністерства оборони України. Основними завданнями логістики у військових частинах є: Забезпечення військ продовольством – це процес доставки продовольства до військових частин у необхідному обсязі та якості. Забезпечення військ зброєю та боеприпасами – це процес доставки зброї та боеприпасів до військових частин у необхідному обсязі та якості. Забезпечення військ транспортом – це процес забезпечення військових частин необхідним транспортом для виконання завдань. Забезпечення військ обладнанням – це процес забезпечення військових частин необхідним обладнанням для виконання завдань.

Комунікації у військових частинах України здійснюються відповідно до Закону України «Про телекомунікації» та нормативно-правових актів Міністерства оборони України. Основними завданнями комунікацій у військових частинах є: Забезпечення зв'язку між військовими частинами та органами військового управління. Забезпечення зв'язку між військовослужбовцями. Забезпечення зв'язку з населенням.

Окрім вищезазначених аспектів, до ключових елементів адміністративної діяльності у військових частинах України можна віднести:

Безпеку. Забезпечення безпеки військових частин та особового складу є одним з найважливіших завдань адміністративної діяльності. Воно включає в себе комплекс заходів, спрямованих на захист військових частин та особового складу від зовнішніх і внутрішніх загроз. Зовнішні загрози включають в себе: Збройну агресію з боку інших держав. Терористичні акти. Екстремістські прояви. Внутрішні загрози включають в себе: Насильство, в тому числі збройне. Відхилення від військової дисципліни. Порушення правил техніки безпеки. Забезпечення безпеки військових частин та особового складу здійснюється за такими основними напрямками: Організація охорони та оборони військових частин. Забезпечення пожежної безпеки. Забезпечення безпеки життєдіяльності. Забезпечення психологічної безпеки. Організація охорони та оборони військових частин передбачає створення системи заходів, спрямованих на захист військових частин від зовнішніх загроз. Ця система включає в себе: Територіальну охорону, яка передбачає охорону периметра військових частин та контроль пропуску осіб і транспортних засобів. Внутрішню охорону, яка передбачає охорону об'єктів і майна військових частин. Охорону особового складу, яка передбачає захист військовослужбовців від насильства та інших загроз.

Забезпечення пожежної безпеки передбачає створення системи заходів, спрямованих на захист військових частин від пожеж, особливої актуальності це набуло під час літньо-осіннього сезону, коли під час обстрілів вогнем могло бути винищено велика кількість сільськогосподарських угідь та міських територій в районах ведення бойових дій. Ця система включає в себе: Протипожежну профілактику, яка передбачає проведення заходів щодо запобігання пожежам. Протипожежне обладнання, яке дозволяє швидко та ефективно ліквідувати пожежі. Протипожежну підготовку особового складу, яка дозволяє військовослужбовцям правильно діяти в разі пожежі.

Забезпечення безпеки життєдіяльності передбачає створення системи заходів, спрямованих на захист військових частин від аварій, катастроф та інших надзвичайних ситуацій. Ця система включає в себе: Оцінку ризиків, яка дозволяє визначити можливі загрози для безпеки життєдіяльності військових частин. Планування заходів реагування, яке передбачає розробку планів дій на випадок виникнення надзвичайних ситуацій. Матеріально-технічне забезпечення, яке дозволяє швидко та ефективно реагувати на надзвичайні ситуації.

Забезпечення психологічної безпеки передбачає створення системи заходів, спрямованих на захист військовослужбовців від психологічних травм і стресів. Ця система включає в себе: Психологічну підготовку, яка дозволяє військовослужбовцям краще адаптуватися до умов військової служби. Психологічну допомогу, яка дозволяє військовослужбовцям, які зазнали психологічних травм, відновити психічне здоров'я.

Важливою умовою забезпечення безпеки військових частин та особового складу є постійна робота з підвищення рівня бойової підготовки, обізнаності військовослужбовців про можливі загрози та способи їхнього запобігання. Військовослужбовці мають бути готові до дій у надзвичайних ситуацій, а також знати алгоритм дій при інших загрозах, для чого необхідно організовувати полігони для тренувань навіть у тимчасових місцях перебування.

Ефективність. Адміністративна діяльність повинна бути ефективною та забезпечувати досягнення поставлених цілей. Ефективність адміністративної діяльності можна оцінити за такими критеріями:

- досягнення цілей – адміністративна діяльність повинна бути спрямована на досягнення конкретних цілей, які повинні бути реалістичними і досяжними.
- економічність – адміністративна діяльність повинна використовувати ресурси раціонально і ефективно, не допускаючи марнотратства.
- якість – адміністративна діяльність повинна забезпечувати отримання бажаного результату, відповідного встановленим стандартам якості.
- час – адміністративна діяльність повинна бути своєчасною і забезпечувати досягнення цілей в установлені терміни.

Транспарентність. Для успішної адміністративної діяльності військових частин також має важливе значення транспарентність, під якою розуміється її необхідність бути прозорою та підзвітною громадськості, що дозволяє громадськості контролювати діяльність військових частин, запобігати корупції та іншим порушенням, а також сприяє кращому розумінню громадськістю ролі військових частин у суспільстві. Особливо це набуває актуальності, при надходженні благодійної (волонтерської) допомоги, для виключення фактів шахрайства і зменшення корупційної складової. Так наприклад, для забезпечення прозорості адміністративної діяльності у військових частинах можна публікувати на веб-сайтах чи сторінках в соціальних мережах офіційних благодійних фондів інформацію про отримання партій з матеріальними цінностями з благодійної допомоги, включаючи бюджет, плани роботи, звіти про виконання завдань та інші документи, підтверджувальні відео з військовими, але не розголошуючи їх місце дислокації. Створювати можливості для громадськості брати участь у громадських слуханнях, обговореннях проектів рішень та інших заходах, пов'язаних з діяльністю військових частин. Запроваджувати механізми громадського контролю, такі як електронні петиції, громадські ініціативи та інші [3].

Сучасна адміністративна діяльність у військових частинах характеризується такими основними тенденціями: швидке зростання ролі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ дозволяють значно підвищити ефективність управління військами, забезпечуючи швидкий обмін інформацією, прийняття рішень та контроль за виконанням завдань); зростання

складності та спеціалізації завдань, які виконують військові частини, що вимагає від адміністративних органів більшої гнучкості та адаптивності; збільшення ролі міжнародного співробітництва (військові частини все частіше беруть участь у спільних операціях з військами інших країн, що вимагає від них удосконалення навичок взаємодії з представниками інших культур).

Нині, адміністративна діяльність у військових частинах України має ряд особливостей, які відрізняють її від адміністративної діяльності в інших сферах. До таких особливостей можна віднести [13]:

По-перше, військовий характер. Адміністративна діяльність у військових частинах здійснюється в рамках військової системи управління, яка має свої специфічні правила та процедури.

По-друге, особливості військового законодавства. Адміністративна діяльність у військових частинах регулюється спеціальним законодавством, яке має свої особливості.

По-третє, військова ієрархія. Адміністративна діяльність у військових частинах здійснюється в рамках військової ієрархії, яка визначає права та обов'язки посадових осіб.

По-четверте, військова дисципліна. Адміністративна діяльність у військових частинах спрямована на забезпечення військової дисципліни, яка є основою військової організації.

По-п'яте, особливий період. Адміністративна діяльність у військових частинах в умовах військової агресії росії реалізується в складному просторі налагодження комунікації, необхідності швидко приймати та погоджувати рішення при надзвичайно високому рівні стресу в умовах бойових дій.

Військові частини в Україні стикаються з широким спектром викликів, які можуть негативно вплинути на їхню ефективність. До основних викликів можна віднести:

1) технологічні зміни. Швидке зростання технологій вимагає від військових частин постійного оновлення своїх систем і методів роботи. Це може бути пов'язано з високими витратами та необхідністю перепідготовки персоналу.

2) міжнародна безпека. Нестабільна міжнародна ситуація вимагає від військових частин підвищеної готовності до реагування на кризові ситуації. Це може призвести до надмірного навантаження на війська та їхні ресурси.

3) внутрішні політичні зміни. Зміни в політичній ситуації в країні можуть призвести до змін у пріоритетах розвитку військових сил. Це може призвести до невизначеності та нестабільності в плануванні адміністративної діяльності.

Для подолання викликів, з якими стикаються військові частини, необхідно вжити таких заходів [6]:

1. Розробка та реалізація стратегії розвитку адміністративної діяльності, яка враховує сучасні тенденції та виклики. Така стратегія повинна передбачати впровадження сучасних технологій, підвищення рівня підготовки персоналу та адаптацію до змін в міжнародній безпеці та внутрішній політиці.

2. Співпраця з іншими державними органами та організаціями. Це дозволяє обмінюватися досвідом та ресурсами, а також підвищувати ефективність спільних дій.

3. Забезпечення необхідної ресурсної підтримки адміністративної діяльності. Це включає в себе фінансування, матеріально-технічне забезпечення та кадрове забезпечення.

Питанням кадрового забезпечення, приділяється велика увага на рівні держави була затверджена Міністром оборони України Концепції військової кадрової політики до 2028 року. Цей документ окреслює ключові напрямки розвитку військової персональної політики у секторі оборони на наступні п'ять років, враховуючи умови як воєнного стану, так і мирного життя. Основна увага в концепції приділена забезпеченню відповідної кількості кадрів для ЗСУ в умовах широкомасштабного конфлікту, інтеграції в євроатлантичний безпековий контекст та досягненню сумісності ЗСУ з військовими силами країн-членів НАТО. У мирний час ЗСУ будуть здійснювати перехід до служби за контрактом, замінюючи обов'язкову строкову службу інтенсивними військовими тренінгами для молодих громадян.

Сучасні технології, такі як цифровізація, штучний інтелект та автоматизація, мають значний вплив на адміністративну діяльність, в тому числі і у військових частинах України. Ці технології можуть значно підвищити ефективність адміністративної діяльності,

документообігу, забезпечуючи швидкий обмін інформацією, автоматизацію рутинних завдань та прийняття рішень на основі даних, так як документуванню інформації приділяється велика увага для здійсненні ефективної управлінської діяльності у військових частинах

Цифровізація є ключовим фактором, який впливає на адміністративну діяльність у військових частинах України. Цифрові технології, такі як електронні документи, електронна пошта та веб-огляд, автоматизована інформаційно-телекомунікаційна система «Оберіг» (далі – АІТС «Оберіг») та інформаційно-аналітична система «Персонал» (далі – ІАС «Персонал») щодо обліку особового складу дозволяють військовим частинам більш ефективно обмінюватися інформацією та документами. Це може допомогти їм поліпшити співпрацю між підрозділами та органами управління, а також підвищити прозорість та підзвітність адміністративної діяльності, згідно вимог Інструкції з діловодства у Збройних Силах України №40 від 31.01.2024р. [7].

Штучний інтелект (ШІ) також має потенціал для значного впливу на адміністративну діяльність у військових частинах України. ШІ можна використовувати для автоматизації рутинних завдань, таких як обробка документів, аналіз даних та управління ресурсами. Це може звільнити час і ресурси для військовослужбовців, які можуть зосередитися на більш складних завданнях. Крім того, ШІ можна використовувати для прийняття рішень на основі даних. Це може допомогти військовим частинам поліпшити ефективність своїх операцій та реагування на кризи.

Автоматизація є ще одним важливим фактором, який впливає на адміністративну діяльність у військових частинах України. Автоматизовані системи можуть допомогти військовим частинам поліпшити ефективність виконання таких завдань, як управління запасами, логістика та управління персоналом. Це може допомогти військовим частинам заощадити час і ресурси, а також підвищити точність і надійність своїх операцій.

Висновки. Адміністративна діяльність у військових частинах України є важливим компонентом військового управління. Вона забезпечує ефективне функціонування військ і дозволяє їм досягати поставлених цілей. Сучасні технології, такі як цифровізація, штучний інтелект та автоматизація, мають значний вплив на адміністративну діяльність у військових частинах України. Ці технології можуть значно підвищити ефективність адміністративної діяльності, забезпечуючи швидкий обмін інформацією, автоматизацію рутинних завдань та прийняття рішень на основі даних. Адміністративна діяльність у військових частинах України стикається з рядом викликів, таких як технологічні зміни, міжнародна безпека та внутрішні політичні зміни. Для подолання цих викликів необхідно вжити комплексних заходів, які включають в себе розробку стратегії розвитку адміністративної діяльності, забезпечення необхідної ресурсної підтримки та співпрацю з іншими державними органами та організаціями.

На основі вищезазначених висновків можна розробити такі рекомендації щодо покращення адміністративної ефективності у військових частинах України в умовах сучасних викликів: 1) розробка та реалізація стратегії розвитку адміністративної діяльності, яка враховує сучасні тенденції та виклики. Така стратегія повинна передбачати впровадження сучасних технологій, підвищення рівня підготовки персоналу та адаптацію до змін в міжнародній безпеці та внутрішній політиці. 2) забезпечення необхідної ресурсної підтримки адміністративної діяльності. Це включає в себе фінансування, матеріально-технічне забезпечення та кадрове забезпечення. 3) співпраця з іншими державними органами та організаціями. Це дозволяє обмінюватися досвідом та ресурсами, а також підвищувати ефективність спільних дій.

Конкретні заходи, які необхідно вжити для реалізації цих рекомендацій, можуть включати в себе:

1. Впровадження цифрових технологій у всі сфери адміністративної діяльності. Це включає в себе електронне документообіг, електронне управління персоналом, автоматизоване управління ресурсами тощо.

2. Розвиток навичок персоналу у сфері використання цифрових технологій. Це включає в себе навчання військовослужбовців основам цифрової грамотності, а також підготовку фахівців у сфері інформаційних технологій.

3. Впровадження штучного інтелекту та автоматизації для виконання рутинних завдань. Це звільнить час і ресурси для військовослужбовців, які можуть зосередитися на більш складних завданнях.

4. Розробка та впровадження нових процедур і методів адміністративної діяльності, які відповідають сучасним викликам. Це включає в себе адаптацію до змін в міжнародній безпеці, а також впровадження нових підходів до управління персоналом і ресурсами.

Впровадження цих заходів дозволить поліпшити адміністративну ефективність у військових частинах України, що призведе до підвищення їхньої готовності до виконання завдань і захисту країни.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Адміністративне право України (загальна частина) : навч. посіб. Остапенко О. І. Ковалів М. В., Єсімов С. С. та ін.; Вид. 2-е, доп. Львів : СПОЛОМ, 2021. 616 с.
2. Адміністративне право України. Повний курс : підручник. В. Галунько, П.Діхтієвський, О. Кузьменко та ін.; за ред. В. Галунька, О. Правоторової. Видання четверте. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 656 с. URL: <http://dspace.univd.edu.ua/xmlui/bitstream/handle>
3. Гозуватенко Г. Удосконалення системи підготовки та кар'єрного зростання військовослужбовців Збройних сил України з урахуванням досвіду провідних країн світу. *Схід*. 2016. № 6. С. 56–59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Skhid_2016_6_10
4. Гречківський Є. Л. Вертикаль влади в умовах воєнного стану. Які права у військової адміністрації? URL: <https://everlegal.ua/vertikal-vlady-v-umovakhvoennogo-stanu-yaki-prava-u-viyskovoyi-administratsiyi>.
5. Закон України «Про господарську діяльність у Збройних Силах України». Відомості Верховної Ради України. 1999. № 48.
6. Кондик П. М., Овсяник В. І. Проблеми правового регулювання економічної та господарської діяльності Збройних Сил України. *Народна армія*. 2007. № 25 (1718). С. 4-7.
7. Про затвердження Інструкції з діловодства у Збройних Силах України. Наказ Міністерства оборони України №40 від 31.01.2024 року.
8. Про утворення військових адміністрацій. Указ Президента України від 24 лютого 2022 року № 68/2022. База даних «Законодавство України». Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/68/2022#Text>
9. Поліцейська (адміністративна) діяльність: навчальний посібник. за заг. ред. д-ра юрид. наук, проф. О. І. Безпалової. МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ. Харків: ХНУВС, 2020. 396 с.
10. Посібник для фахівців служб персоналу військових частин Збройних Сил України (в умовах воєнного стану): посіб. О.В.Яцино, І.М.Половінкін, О.Л.Тракалюк, В.В.Федорович, О.П.Даценко, Ю.І.Костенко, С.В.Солодовник, С.М.Чумаченко, Т.А.Блізніков К.: НМЦ КП МО України, 2022. 56 с.
11. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок реєстрації військових частин як суб'єктів господарської діяльності у Збройних Силах». Кабінет Міністрів України. 2011. № 749.
12. Про введення воєнного стану в Україні: указ Президента України від 24.02.2022 р. № 64/2022 VIII. База даних «Законодавство України» Верховна Рада України. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/642022-41397>.
13. Greenfield, L., & Peters, J. (2021). Strengthening Democracy through Public Audit: A Theoretical Exploration. *Journal of Democratic Processes*, 18(2), p. 165-181.
14. Halyna Shaulska, Iryna Kazanchuk, Hrygorii Bukanov. Legal and regulatory fundamentals of interaction of civil society and government authorities in the system of public administration (Нормативно-правові основи взаємодії громадянського суспільства та органів державної влади в системі державного управління). *Journal of Law and political sciences*. Vol. (37). ISSUE (2) APRIL 2023. P. 354-378
15. Kapoor, A., & Sharma, S. (2022). Public Audit and Resource Allocation: Ensuring Effective Use of Government Funds. *Public Finance Review*, 50(4), 401-423.
16. Valentyn Halunko, Nataliia Varenia, Sergiy Gusarov, Iryna Berezovska, Oleksander Griza. State regulation over operations with military goods as an protection element of a state national security (Державне регулювання операцій з товарами військового призначення як елемент захисту національної безпеки держави). *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*. (2020). Volume 23. Special Issue 1. P. 87-91.

REFERENCES:

1. Ostapenko, O. I., Kovaliv, M. V., and Jesimov, S. S. (2021) *Administrativne pravo Ukrainy (zaghaljna chastyna)* [Administrative law of Ukraine (general part)] SPOLOM. Ljviv, 616 p. [in Ukrainian]
2. Ghalunjko, V., Dikhtijevskij, P., Kuzjmenko, O. and Pravotorovoji O. (2021) *Administrativne pravo Ukrainy. Povnyj kurs : pidruchnyk.* [Administrative law of Ukraine. Full course: textbook] OLDI-PLUS Kherson:, 2021. 656 p. URL: <http://dspace.univd.edu.ua/xmlui/bitstream/handle> [in Ukrainian]
3. Hozuvatenko H. (2016). *Udoskonalennia systemy pidhotovky ta kariernoho zrostannia viiskovosluzhbovtiv Zbroinykh syl Ukrainy z urakhuvanniam dosvidu providnykh krain svitu.* [Improvement of the system of training and career growth of servicemen of the Armed Forces of Ukraine, taking into account the experience of the leading countries of the world]. *Skhid.* 2016. № 6. S. 56–59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Skhid_2016_6_10 . [in Ukrainian]
4. Hrechivskyi Ye. L. *Vertykal vlady v umovakh voiennoho stanu. Yaki prava u viiskovoi administratsii?* [Vertical power in the conditions of martial law. What are the rights of the age administration?] URL: <https://everlegal.ua/vertykal-vlady-v-umovakhvoennogo-stanu-yaki-prava-u-viyskovoyi-administratsiy> [in Ukrainian]
5. *Zakon Ukrainy “Pro gospodarsku diylnist y Zbroenih silah Ukraine”* [Lex Ucraina Armati Virium et oeconomicos de Ucraina]. “Widomosti Werhownoi Radu Ukrainu”/ 1999. №48. [in Ukrainian].
6. Konduk, O. Owsjnik, W. (2007). *Problemu hrawowogo reguluwannj ekonomichnoi ta gospodarskoi dijlnosti Zbroinih Sil Ukrainu* [Cognoscentium quaestiones de legalis constitutio res oeconomicae activities de Armati Virium de Ucraina]. *Narodna armij.* 3, 4-7 [in Ukrainian].
7. *Pro zatverdzhennia Instruksii z dilovodstva u Zbroinykh Sylakh Ukrainy. Nakaz Ministerstva oborony Ukrainy №40 31.01.2024* [Order of the Ministry of Defense of Ukraine On the approval of the Manual on Recordkeeping in the Armed Forces of Ukraine] №40 31.01.2024 Legislation of Ukraine [in Ukrainian].
8. *Pro utvorennia viiskovykh administratsii. Ukaz Prezydenta Ukrainy 24.022022 № 68/2022. Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy».*[On the formation of military administrations. Decree of the President of Ukraine dated February 24, 2022 N68/2022.] "Legislation of Ukraine". Verkhovna Rada of Ukraine [in Ukrainian].
9. Bezpalovoi, O. I., Politseiska (administrativna) diialnist: navchalnyi posibnyk. (2020). [Police (administrative) activity: training manual / according to general ed. doctor of law Sciences], Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Kharkiv. national University of Internal Affairs affairs Kharkiv: KhNUVS, 2020. 396 p [in Ukrainian]
10. .Yatsyno, O.V., Polovinkin, I.M., Trakaliuk, O.L., Fedorovych, V.V, Datsenko, O.P., Kostenko, Yu.I ... and.Bliznikov T.A *Posibnyk dlja fakhivtsiv sluzhb personalu viiskovykh chastyn Zbroinykh Syl Ukrainy (v umovakh voiennoho stanu).*(2022) [Manual for personnel services specialists of military units of the Armed Forces of Ukraine (under martial law conditions): manual.]: NMC KP of the Ministry of Defense of Ukraine, 2022. 56 p. [in Ukrainian]
11. *Postanowa Kabinety Ministriw Ukrainu “Porjdok reistracii wiiskowuh chasten jk sybektiw gospodarskoi dijljnsti e zbroyuh Silah Ukrainu”.* [Ad sextum CISTELLULA de Ministros, Ucraina “De modo procedendi in negotiis et rebus unitates adnotatione de Armati Virium”]. “Kabinet Ministriw Ukrainu”. 2011. №749. [in Ukrainian].
12. *Pro vvedennia voiennoho stanu v Ukraini: ukaz Prezydenta Ukrainy 24.02.2022. №64/2022 VIII.* (2022) [On the introduction of martial law in Ukraine: Decree of the President of Ukraine dated February 24, 2022 No. 64/2022 VIII]. Database "Legislation of Ukraine" Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/642022-41397> [in Ukrainian]
13. Greenfield, L., & Peters, J. (2021). Strengthening Democracy through Public Audit: A Theoretical Exploration. *Journal of Democratic Processes*, 18(2), 165-181.
14. Halyna Shaulska, Iryna Kazanchuk, Hrygorii Bukanov. Legal and regulatory fundamentals of interaction of civil society and government authorities in the system of public administration (Нормативно-правові основи взаємодії громадянського суспільства та органів державної влади в системі державного управління). *Journal of Law and political sciences.* Vol. (37). ISSUE (2) APRIL 2023. P. 354-378
15. Kapoor, A., & Sharma, S. (2022). Public Audit and Resource Allocation: Ensuring Effective Use of Government Funds. *Public Finance Review*, 50(4), 401-423.
16. Valentyn Halunko, Nataliia Varenia, Sergiy Gusarov, Iryna Berezovska, Oleksander Griza. State regulation over operations with military goods as an protection element of a state national security (Державне

регулювання операцій з товарами військового призначення як елемент захисту національної безпеки держави). *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*. (2020). Volume 23. Special Issue 1. P. 87-91.

**Dr. Sci. Econ. prof .Stoyanova-Koval S., Dr.Sci. in Public. Adm., prof. Popov S.,
PhD Iefimenko A., PhD Sokur N., PhD Rozmaznin O.**

FEATURES OF ADMINISTRATIVE ACTIVITIES IN MILITARY UNITS IN MODERN CONDITIONS

The article examines the current state of administrative activity in the military units of Ukraine. The main trends and challenges affecting this activity are analyzed. Based on the conducted research, recommendations were developed for improving administrative efficiency in the military units of Ukraine in the conditions of modern challenges. The article provides an important contribution to the understanding of how military units can effectively adapt to modern conditions, while ensuring a high level of readiness and responsiveness.

The task of personnel management in military organizational structures is revealed. Some elements of administrative activity in military units are described, such as security in direction of implementation , which includes a set of measures aimed at protecting military units and personnel from external and internal threats; efficiency according to certain criteria, the observance of which will ensure the achievement of set goals on time, transparency to reduce the level of corruption through transparent disclosure of information, which will enable the public to monitor the activities of military units and prevent various violations and abuses. It was noted that automation is an important factor affecting administrative activities in the military units of Ukraine. The use of automated systems will make it possible to significantly increase the efficiency of administrative activities, document flow, ensuring rapid information exchange, automation of routine tasks and decision-making based on data. Automated systems can help military units improve the efficiency of tasks such as inventory management, logistics and personnel management. This can help military units save time and resources, and improve the accuracy and reliability of their operations.

The conclusions and recommendations presented in the article are intended to contribute to the development of strategies to improve administrative efficiency in military units.

Keywords: administrative activity, military units, modern challenges, management in the army, technological innovations, international security, Armed Forces of Ukraine.

МЕТОД КЛАСИФІКАЦІЇ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ СТИСЛИХ ТА ЗАШИФРОВАНИХ ДАНИХ ЗАПОБІГАННЮ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ

Розглянута задача розробки методу класифікації псевдовипадкових послідовностей захисту від витоку конфіденційної інформації на основі поділу стислих та зашифрованих даних, може бути використана для виявлення мережесих атак на мережі передачі даних, в засобах запобігання та виявлення витоку інформації, а також в програмних продуктах, що реалізують сервіси електронної пошти.

Показано, що загрози безпеки даних характеризуються набором векторних показників, кількісних та якісних, для їх формалізації необхідне застосування теорії нечітких множин та дискретної математики. Показано неможливість застосування експертних традиційних методів оцінок для визначення більшості розглянутих показників. Для мінімізації ризику витоку конфіденційної інформації пропонується формувати групи співробітників та розраховувати ризик витоку конфіденційних даних для кожної з них.

Сучасні засоби запобігання та виявлення витокам інформації застосовують різні методи проведення аналізу потоку даних. До основних відносяться контекстні та контентні методи. Наведені методи не здатні виявити витік даних у стислому та зашифрованому виді, а додавання цифрових сигнатур дозволяє маскувати зашифровані дані під стислі простим способом, в області безпеки інформації знайшли широке використання поведінкові методи аналізу потоку даних та алгоритми машинного навчання. Однією з основних складностей, в даній ситуації, виступає побудова моделей даних, обробка та пошук ознакового простору.

Запропонований метод класифікації псевдовипадкових послідовностей враховує дискримінуючу здатність статистичних ознак, може бути впроваджений у існуючі засоби запобігання та виявлення витокам інформації з метою усунення зазначених недоліків. Зашифрований потік даних може передаватися з робочих станцій співробітників, різних інформаційних систем, мережесих сховищ.

Для оцінки ефективності запропонованого методу захисту від витоку конфіденційних даних проведені експерименти з визначення точності бінарної класифікації стислих та зашифрованих даних в залежності від типів вхідних послідовностей, що піддаються процедурам стиснення.

У ході практичної реалізації проведено кількісну оцінку точності класифікації псевдовипадкових послідовностей залежно від параметрів запропонованого класифікатора. Обґрунтовано вибір довжини підпослідовності в дев'ять біт, як значення найбільш раціональне, що дозволяє досягти класифікації псевдовипадкових послідовностей високої точності та мінімального часу виконання процедури класифікації. Обґрунтовано вибір скануючого оптимального вікна класифікатора розміром в 500 кб. Залежно від вимог до точності та швидкості аналізу даних запропоновано два режими роботи: сканування випадково вибраного фрагмента файлу розміром 500 кб; сканування всього файлу скануючим вікном розміром 500 кб.

Наведено опис місць впровадження запропонованого методу класифікації псевдовипадкових послідовностей у підсистеми захисту електронної пошти, системи виявлення мережесих атак, засоби запобігання та виявлення витокам інформації.

Здійснено порівняльну оцінку запропонованого алгоритму з відомими аналогами в предметній області досліджень.

Ключові слова: псевдовипадкові послідовності, функціональна модель, інформаційна безпека, точність класифікації, зашифровані, стислі дані.

Вступ. Людство стикається з інформаційними системами повсюдно: вдома, на роботі, записуючись на прийом до лікаря та отримуючи державні послуги, велика частка персоналу має доступ до даних клієнтів, захищених інформаційних ресурсів, конфіденційної інформації компанії. Незважаючи на удосконалення механізмів захисту від кіберзагроз, розвиток засобів захисту конфіденційної інформації, зростає кількість витоків конфіденційної інформації. Однією з головних причин витоків конфіденційної інформації - наявність внутрішнього порушника, здатного дотримуватись встановлених правил та заходів роботи з даними, здійснювати передачу конфіденційної інформації за контрольований інформаційний периметр компанії [1 – 14].

Проведений аналіз інцидентів інформаційної безпеки, аналітичними центрами компаній SafeNet свідчить про те, що у випадках витоку конфіденційних даних більш ніж 52% винуватцями виявлялися внутрішні порушники [5, 15 – 23].

Основними механізмами захисту від витоків даних, є методи, засновані на пошуку регулярних виразів, сигнатур, цифрових зліпків, виявлення аномалій, застосування алгоритмів машинного навчання [13,16, 24 – 26].

У сучасній компанії бізнес процеси неможливі без застосування корпоративних мереж передачі даних та перспективних інформаційних систем. Якщо механізми захисту даних від зовнішніх загроз досягли відповідних гарантованих рівнів, то способи та методи протидії інсайдеру слабо розвинені, в більшості документів, що регламентують політику безпеки конфіденційним даним компанії, містяться постулати про відсутність інсайдера, що тягне до зростання ймовірності порушення інформаційної безпеки конфіденційних даних [6,10,14,18].

Відповідно до звіту міжнародного експертно-аналітичного центру компаній Group-IB частка інсайдерів, як джерел зареєстрованих випадків в організаціях витоку конфіденційної інформації, за період із січня по червень 2022р. склала понад 80%. У 78% зареєстрованих випадках витоку даних було організовано навмисне [13,16,26].

Загрози безпеки конфіденційних даних характеризуються набором векторних показників, кількісних та якісних, для їх формалізації необхідне застосування теорії нечітких множин та дискретної математики. Показано неможливість застосування експертних традиційних методів оцінок для визначення більшості розглянутих показників. Проведено аналіз байєсовського підходу вирішення задачі, доведено, необхідність проведення аналізу великої кількості статистичних даних [10,14,18,19].

У зарубіжних дослідженнях наголошується на необхідності прийняття відповідних заходів щодо протидії інсайдерам. Згідно зі статистикою Національного центру безпеки Південнокорейської республіки близько 75% витоків конфіденційної інформації відбувається з вини поточних або колишніх співробітників компанії. Більшість витоків конфіденційних даних відбувається через недосконалість засобів з їх виявлення і запровадження недостатніх заходів щодо припинення витоків інформації. Більшість робіт із забезпечення інформаційної безпеки конфіденційних даних пов'язані із захистом від проведення зовнішніх атак, що підтверджує актуальність проведеного аналізу досліджень [7,8,19,20,23].

Основними джерелами загроз та атак для корпоративних мереж є: технічні, що відносяться до особливостей обслуговування, функціонування, створення програмно-апаратних, апаратних, програмних засобів; суб'єктивні, викликані відповідними діями співробітників компанії. У наведених групах є підклас джерел, що відноситься до інсайдерів, відзначається також наявність загроз та атак промислового шпигунства, що реалізується шкідливим програмним забезпеченням чи внутрішнім порушником, також різних botnet мереж. Основним засобом поширення та зараження шкідливого програмного забезпечення є botnet мережі. Відзначається можливість передачі інсайдерами захищених даних з контрольованого периметра компанії з використанням сервісів електронної пошти [8-12,18].

Для мінімізації ризику витоку конфіденційної інформації пропонується формувати групи співробітників та розраховувати ризик витоку конфіденційних даних для кожної з них. Запропонований підхід передбачає використання data leakage prevention (DLP) та security information and event management (SIEM) систем. Причиною витоку даних можуть бути політичні, індивідуальні, фінансові мотиви працівників компанії [5,6,14,19,20].

Аналіз останніх досліджень та постановка задачі. Аналіз досліджень мережевої активності корпоративної мережі є ключовим компонентом запобігання та раннього виявлення загроз та атак безпеки конфіденційним даним, що виходять від інсайдерів. Логування подій безпеки та функціонування інформаційної системи можуть використовуватись у реальному часі для проведення аналізу, проте записи необхідно відфільтровувати, оскільки не всі дозволяють виявити загрозу, атаку безпеки даних.

Проведений аналіз відкритого та зашифрованого трафіку на основі підрахунку ентропії окремих слів довжиною 2..64 біт, потоку даних, стандартного відхилення та середнього значення зазначених величин. Для проведення експериментів використані пакети довжиною понад 20 байт: відкритих та зашифрованих. Найкращі результати досягнуті при використанні алгоритму C5.0, точність класифікації - 0,978.

Широке впровадження функцій шифрування інформації при передачі даних призводить до того, що використовувані методи класифікації зашифрованого трафіку не справляються з задачами з високою точністю, наприклад, при класифікації потоку даних, що мають схожі ознаки, цифрові зліпки. Пропонується метод класифікації зашифрованого потоку даних на основі застосування ланцюгів Маркова та атрибутів. Для збільшення точності класифікатора застосовуються наступні ознаки: довжина перших даних додатків, довжина сертифіката у SSL/TLS сесіях. Запропоноване рішення дозволило досягти точності класифікації зашифрованого потоку даних 0,907. Недоліками даного рішення, у випадках змін додатків, неможливість правильно їх класифікувати, оскільки зміняться значення біграм, додатки, які не брали участь у навчання класифікатора також неможливо класифікувати. Для класифікації зашифрованого потоку даних від 10 різних Інтернет ресурсів, запропонований алгоритм обчислення відстані між класами, що обробляється методом k-найближчих сусідів. При побудові ознакового простору використані статистичні ознаки: службові характеристики пакетів (міжінтервальний час пакетів і довжина), мережеві характеристики трафіка (IP-адреса, номер порту, кількість пакетів, тривалість потоку), дані встановлення TLS з'єднання (довжина публічного ключа, відповідь сервера), характеристики розподілу байт. Середня точність алгоритму склала 0,947, точність алгоритму побудови ймовірного лісу - 0,84, алгоритму побудови дерева рішень - 0,879.

Методи глибокого аналізу трафіка, засновані на сигнатурному пошуку, не здатні виявляти зашифрований потік даних, також їх особливістю є складність у проведенні класифікації стислих і зашифрованих даних, використовується розподіл відстані Хемінга для перших байт, IP-телефонії зашифрованого потоку даних, розподіл є біномним з піком у значенні 4 біта, дозволяє, для зашифрованих даних, зробити висновок про рівномірний розподіл біт. Для незашифрованого потоку даних IP-телефонії розподіл має пікоподібну форму з максимумом у значенні 0 біт. Даний підхід застосовується для перших 100 пакетів, наступні пакети мають подібний розподіл і не можуть застосовуватися для класифікації.

Витік інформації є порушенням безпеки даних - порушенням властивості конфіденційності. Зросла цінність, в сучасному суспільстві не тільки даних, що захищаються державою, також персональні дані, корпоративна інформація, позови за розголошення яких становлять мільйони доларів.

Для запобігання реалізації атак та загроз витоку конфіденційної інформації в корпоративних мережах застосовують засоби запобігання та виявлення витоку даних (DLP-системи), які є елементом інформаційної системи безпеки корпоративних мереж. DLP-системи дозволяють знизити ризик реалізації атак та загрози витоку інформації. Однак деякі моделі інсайдерів, які застосовуються в компаніях, також у державних, не містять вимог і заходів захисту від внутрішніх зловмисників. Наведений факт може бути однією з причин збільшення частки інсайдерів у разі витоку конфіденційної інформації [8-11,15,19,20].

Кібератаки, особливо ті, які націлені на інформаційні системи обробки та зберігання конфіденційних даних, стають все більш підготовленими та професійними. Критичні національні інфраструктури стають основними об'єктами кібератак, в них обробляється і зберігається найважливіша інформація, захист якої стає проблемою, як для компаній, так і держави. Атаки на такі критичні інформаційні системи включають проникнення в мережу організації та встановлення шкідливого програмного забезпечення, які можуть розкрити конфіденційну інформацію, змінити поведінку технічного обладнання [14,23,25].

Системи виявлення вторгнень не можуть протидіяти інсайдерам, оскільки націлені на інші методи та механізми, які використовуються зловмисниками. Засоби запобігання, виявлення витоку даних повинні забезпечувати високу швидкість виявлення та низьку частоту помилкових тривог, не вимагаючи, при цьому, значних обчислювальних потужностей для класифікації інформації [7,14,19,20].

Для вирішення поставленої задачі необхідно: провести аналіз особливостей функціонування перспективних засобів запобігання та виявлення витоку конфіденційних даних, виявити обмеження, пов'язані з виявленням стислої та зашифрованої інформації, обґрунтувати вибір відповідного ознакового простору для моделювання, сформованих алгоритмами стиснення та шифрування інформації, псевдовипадкових послідовностей; розробити метод, сформований алгоритмами стиснення та шифрування даних, псевдовипадкових послідовностей, що відрізняється від відомих, врахуванням їх статистичних характеристик.

Проведений аналіз досліджень у даній предметній області дозволив виявити практичну проблему наявних механізмів захисту: низька точність виявлення зашифрованої інформації, через їх схожість з типовими високоентропійними послідовностями, використання службової інформації притаманної процесу передачі, зберігання конфіденційної інформації. Таким чином задача класифікації стислих та зашифрованих даних є актуальною.

Метод класифікації псевдовипадкових послідовностей стислих та зашифрованих даних. Метод класифікації псевдовипадкових послідовностей стислих та зашифрованих даних дозволяє підвищити точність класифікації при використанні моделі псевдовипадкових послідовностей за рахунок застосування комплексу алгоритмів з навчання класифікатора, виявлення найбільш значущих дискримінуючих ознак [7].

Вхідними даними для побудови класифікатора псевдовипадкових послідовностей - множина стислих і зашифрованих послідовностей (два класи).

Метод класифікації враховує дискримінуючу здатність послідовностей статистичних ознак, складається з наступних кроків:

1. Відкидання перших десяти кілобайт файла та підрахунок ентропії.
2. Визначення порогового значення ентропії файла.
3. Визначення режиму роботи: швидкий, шляхом перевірки випадково вибраного вікна розміром 500 кбайт, повна перевірка файлу скануючим вікном розміром 500 кбайт.
4. Обчислення значень ознак згідно з моделлю псевдовипадкових послідовностей [7].
5. Визначення типу файла навченим класифікатором на основі градієнтного бустингу.
6. Якщо визначено клас послідовностей, то продовжити роботу алгоритму, інакше закінчити.
7. Обчислення значень ознак згідно з моделлю псевдовипадкових послідовностей.
8. Передача отриманих значень ознак на навчений класифікатор.
9. Ітераційний рух вузлами дерева випадкового лісу.
10. Визначення досягнення термінального вузла.
11. Визначення класу псевдовипадкової послідовності.

Алгоритм класифікації псевдовипадкових чисел представлений на рис. 1. На першому етапі роботи алгоритму здійснюється розбиття вхідного набору даних, який містить у собі стислі та зашифровані послідовності, на навчаючу і тестову підвиборки. В навчальну вибірку відноситься 80% вихідних послідовностей, решта 20% відносять до тестової вибірки. Для забезпечення незалежності методу захисту від витоку конфіденційної інформації виконується відкидання перших десяти кілобайт файла, що аналізується та підрахунок ентропії.

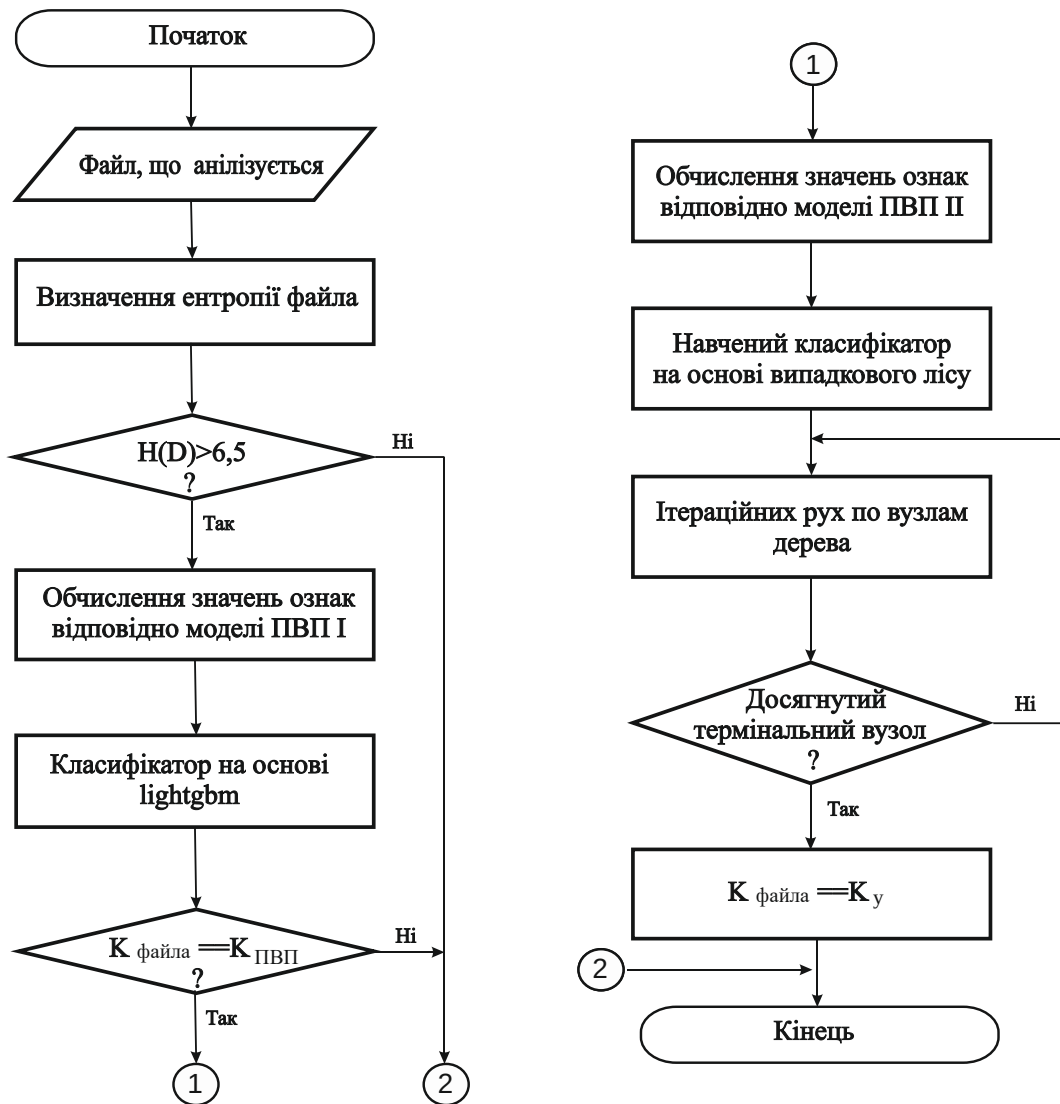


Рисунок 1 - Алгоритм класифікації стислих та зашифрованих даних

На другому етапі роботи алгоритму відбувається визначення порогового значення ентропії. Для зашифрованих даних встановлено поріг 6,5. При перевищенні заданого значення порогу файл, вважається підозрілим, інакше - легітимний.

На третьому етапі, роботи алгоритму, відбувається формування ознакового простору та обчислення значень статистичних ознак згідно з виразом 1.

$$V_{stat} = \langle v_1, \dots, v_\varphi \rangle = \langle f_j, \dots, f_{2^N}, b_0, \dots, b_{255}, B_{mean}, B_{sko}, b_{min}, b_{max} \rangle \quad (1)$$

Ознаковий простір складається з 512 значень частот входження підпоследовностей довжиною дев'ять біт $\langle f_j \rangle$, $j \in [0, \dots, 511]$, 256 частот входження байт $\langle b_i \rangle$, $i \in [0, \dots, 255]$ та чотири статистичних характеристик $\langle B_{mean}, B_{sko}, b_{min}, b_{max} \rangle$. Отриманий ознаковий простір складається з 772 ознак, використання класифікатора, що враховує отримані значення, призведе до збільшення часу класифікації і неможливості застосування алгоритму, в режимі реального часу. Для усунення обмеження пропонується використовувати метод полегшеного градієнтного бустингу.

На третьому етапі, роботи алгоритму, відбувається формування редукованої множини ознакового простору. Розмірності простору здійснюється за рахунок випадково обраних ознак, дають мінімальне зменшення градієнта та використання ознак, що надає максимальне

зниження градієнта функції втрат. Вибір просторових ознак з мінімальним градієнтом дозволяє зберегти точність класифікації, знизити ознаковий простір.

На четвертому та п'ятому етапах виконується розподіл підозрілих об'єктів, що містять у собі стислі чи зашифровані дані. У разі легітимного файлу робота алгоритму завершується, при виявленні підозрілого об'єкта виконується перехід на шостий етап. На даному етапі здійснюється вибір режиму проведення аналізу даних: вибіркового аналізу, дозволяє аналізувати випадково обраний фрагмент розміром 500 кбайт; послідовний, полягає в проходженні всього файлу скануючим вікном розміром 500 кбайт.

На шостому етапі здійснюється обчислення ознак, редукованих за допомогою навченого класифікатора на основі випадкового лісу. Редукування простору ознак виконується на основі обчислення локальних ваг. Критерій розбиття визначається виразом 2.

$$\begin{cases} IG(D_p, v) = IG(D_p) - \frac{N_{left}}{N_p} \cdot I(D_{left}) - \frac{N_{right}}{N_p} \cdot I(D_{right}), \\ IG \rightarrow \max \end{cases} \quad (2)$$

де $IG(D_p)$ – приріст інформації після розподілу батьківського вузла, $I(D_p)$, $I(D_{left})$, $I(D_{right})$ – значення міри неоднорідності в батьківському вузлі, правому та лівому нащадках відповідно, $v \in V$ – ознака, за якою відбувається розбиття даних. Помилка класифікації, міра неоднорідності Джині визначаються виразом 3.

$$\begin{cases} Gini = 1 - \sum_{y=1} p_y^2 \\ Entropy = - \sum_{y=1} p_y \cdot \log_2 p_y \\ Error = 1 - \max(p_y) \end{cases} \quad (3)$$

де p_y – ймовірність появи псевдовипадкової послідовності класу y в аналізованому вузлі класифікатора. На підставі отриманих значень визначаються локальні ваги ознак простору $w_{v_\varphi}^\psi$ для класифікаторів ψ відповідно до виразу 4.

$$w_{v_\varphi}^\psi = F(n_{v_\varphi}^\psi), \quad (4)$$

де $n_{v_\varphi}^\psi$ – порядковий номер ознаки v_φ в дереві ψ відповідно до його дискримінуючої здатності; F – функція визначення ваги ознак у дереві ψ .

Локальні ваги ознак визначаються за різними мірами неоднорідності: помилка класифікації, міра неоднорідності Джині, ентропія. Враховуються, при цьому, різні ваги критеріїв у проміжку $[0, 1 \dots 0, 9]$, має виконуватися умова 5.

$$\begin{cases} \alpha + \beta + \gamma = 1 \\ 0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

Далі здійснюється визначення глобальних ваг відповідно до виразу 6.

$$\begin{cases} W_{v_\varphi} = F\left(\sum_{\psi=1}^{\Psi} w_{v_\varphi}^\psi\right) \\ W_{v_\varphi}^{Global} = \min_{\alpha, \beta, \gamma \in R} F(v_\varphi, \psi) = \alpha \cdot Entropy(\psi, w_{v_\varphi}^\psi) + \\ + \beta \cdot Gini(\psi, w_{v_\varphi}^\psi) + \gamma \cdot Error(\psi, w_{v_\varphi}^\psi) \end{cases} \quad (6)$$

де $w_{v_\varphi}^\psi$ – локальна вага ознаки v_φ в дереві ψ ; F – функція визначення глобальної ваги ознаки на основі більшості; Ψ – кількість дерев в ансамблі випадкового лісу.

Після пошуку найзначніших ознак, які мають максимальну дискримінуючу здатність, виконується сортування ознак починаючи з максимального значення за їх значимістю, здійснюється налаштування параметрів класифікатора: максимальна кількість класифікаторів в ансамблі; кількість ознак моделі псевдовипадкових послідовностей, що беруть участь у формуванні класифікатора; максимальна глибина класифікатора.

Для побудови кінцевого варіанта класифікатора використовуються ознаки, з найбільшою дискримінуючою здатністю і певними параметри, що дозволить скоротити час виконання класифікації.

На восьмому і дев'ятому етапах відбувається ітераційний рух по вузлах сформованих дерев, до моменту подання в термінальний вузол кожного дерева випадкового лісу. На десятому етапі, визначений клас надається аналізованому файлу. У разі присвоєння інформації мітки зашифрованих (стислих) даних, файл поміщається в карантин і відбувається генерація події безпеки даних відповідно до прийнятої політики в організації.

Алгоритм витягнення простору ознак на основі моделі псевдовипадкових послідовностей. Оскільки сформований класифікатор є деревом рішень, то для класифікації псевдовипадкових послідовностей необхідно виконати дихотомічне проходження по вузлам сформованого класифікатора, для цього необхідно здійснити обчислення ознак псевдовипадкової послідовності згідно з алгоритмом, представлений псевдокодом на рис. 2.

Вхідна послідовність $p \in P$ потужністю Q перетворюється на бінарний код. Далі здійснюється підрахунок зустрічальності підпослідовностей s довжиною дев'ять біт – значення n_s і визначення частот зустрічальності підпослідовностей $f_{p,s}$. Для кожного байта b визначається кількість входжень в послідовності.

Підрахунок числа входжень відбувається ковзним вікном без повторень. Для отриманого розподілу байт визначаються статистичні характеристики: середньоквадратичне відхилення, математичне очікування, максимальне та мінімальне значення частот входження байт. Результат роботи алгоритму формується в кортеж.

Реалізація методу класифікації псевдовипадкових послідовностей стислих та зашифрованих даних. Підсистеми статистичного аналізу інформації на основі методу класифікації псевдовипадкових послідовностей реалізована з використанням мови програмування Python, реалізує метод захисту від витoku інформації на основі поділу стислих та зашифрованих даних, може бути використана для виявлення мережових атак на мережі передачі даних, в існуючих засобах запобігання та виявлення витoku інформації, а також в програмних продуктах, що реалізують сервіси електронної пошти.

Підхід до раннього виявлення деструктивних впливів Botnet на мережу базується на формуванні мережі моніторингу комп'ютерних атак, включає канали зв'язку з сервером мережі управління системою захисту, мережні датчики, встановлені в сегментах корпоративної мережі. Проводиться моніторинг, у режимі реального часу, деструктивних впливів (ДВ) на мережу, формується база даних про параметри деструктивних впливів на вузли мережі. Під час моніторингу деструктивних впливів вимірюють значення параметрів впливів на об'єкти мережевої інфраструктури: кількість вузлів, що беруть участь у ДВ, тривалість ДВ, час отримання команд на початок ДВ. Після виявлення факту ДВ на підставі отриманих статистичних даних прогнозують параметри мережі, що функціонує в умовах ДВ, параметри

ДВ; на підставі отриманих ознак простору ідентифікують зловмисника. На підставі від ДВ спрогнозованого збитку, визначають перелік способів та варіантів протидії ДВ, порядок їх використання. На підставі проведеного аналізу параметрів впливу фіксують закінчення деструктивного впливу Botnet; після закінчення деструктивного впливу порівнюють фактичні значення параметрів ДВ і розраховані величини параметрів шкоди з наявними в базі даних, при перевищенні значень даних вносять зміни в базу даних. Якщо не відповідають заданим значенням, значення параметрів впливів Botnet, уточнюють величини параметрів. Оцінюють ефективність застосовуваних способів і варіантів протидії, якщо значення параметрів деструктивного впливу відповідають заданим. Якщо значення параметрів задіяної шкоди відповідають значенням у базі даних, продовжують моніторинг; якщо значення задіяної шкоди не відповідають значенням в базі даних, проводиться уточнення значення параметрів.

```

Data:  $P, |P| = Q, S : |S| = 512, B : |B| = 256$ ;
Result:  $V_{stat}$ 
1  $V_{stat} \leftarrow \langle \rangle$ ;
2 for  $p \in P$  do
3   for  $s \in S$  do
4      $n_s \leftarrow \text{Count}(p, s)$ ;
5      $f_{p,s} \leftarrow \frac{n_s}{M_p - N_s + 1}$ ;
6      $f_{p,s} \leftarrow \ln(f_{p,s})$ ;
7      $V_{stat} \leftarrow f_{p,s}$ 
8   for  $b \in B$  do
9      $n_b \leftarrow \text{Count}(b, s)$ ;
10     $bytes_p \leftarrow \langle b, n_b \rangle$ ;
11     $V_{stat} \leftarrow bytes_p$ 
12   $V_{stat} \leftarrow \text{Mean}(bytes_p)$ ;
13   $V_{stat} \leftarrow \text{SKO}(max_b, min_b)$ ;
14   $V_{stat} \leftarrow \text{Min}(bytes_p)$ ;
15   $V_{stat} \leftarrow \text{Max}(bytes_p)$ ;
16 return  $V_{stat}$ ;

```

Рисунок 2 - Алгоритм витягнення ознак із псевдовипадкових послідовностей

На основі отриманих статистичних даних визначають шкідливе програмне забезпечення, з використанням яких зловмисник заражає персональний комп'ютер (ПК) і команди, що надсилаються центром управління Botnet, зараженим ПК. Визначають, також, причини зараження персональних комп'ютерів шкідливим програмним забезпеченням Botnet: використовувана операційна система, браузер, найчастіше відвідувані сайти, налаштування засобів захисту або їх відсутність. Налаштовують віртуальну машину-пісочницю (персональний комп'ютер), щоб підвищити ймовірність зараження шкідливим програмним забезпеченням Botnet, налаштовують засоби захисту. На фазі встановлення з'єднання, у разі початку ДВ, вузли Botnet одержують команди керування в зашифрованому виді.

З використанням запропонованого модуля статистичного аналізу інформації визначається зараження ПК шкідливими програмами Botnet, проводиться аналіз вхідного потоку даних на наявність команд керування Botnet. Отримані дані конвертуються в бінарний код, далі формується вектор статистичних характеристик згідно запропонованого алгоритму класифікації псевдовипадкових послідовностей. Якщо виявлено, що послідовності, сформовані криптоалгоритмами в даних немає, то виконується переадресація даних у центр очищення повідомлень, де після знищення (очищення) інформації, продовжується обробка і прийом вхідного потоку даних. Якщо виявлено що послідовності, сформовані криптоалгоритмами, дані перенаправляються в центр дешифрування повідомлень. На підставі проведеного аналізу прийнятих повідомлень формується рішення про надходження команди від Botnet, якщо команди від Botnet на захищаний вузол, не надійшли, то продовжується моніторинг. У

випадку виявлення команд від Botnet визначається IP-адрес керуючих атакою Botnet вузлів та вид деструктивного впливу. Алгоритм раннього виявлення атак Botnet на мережу наведений на рис. 3.

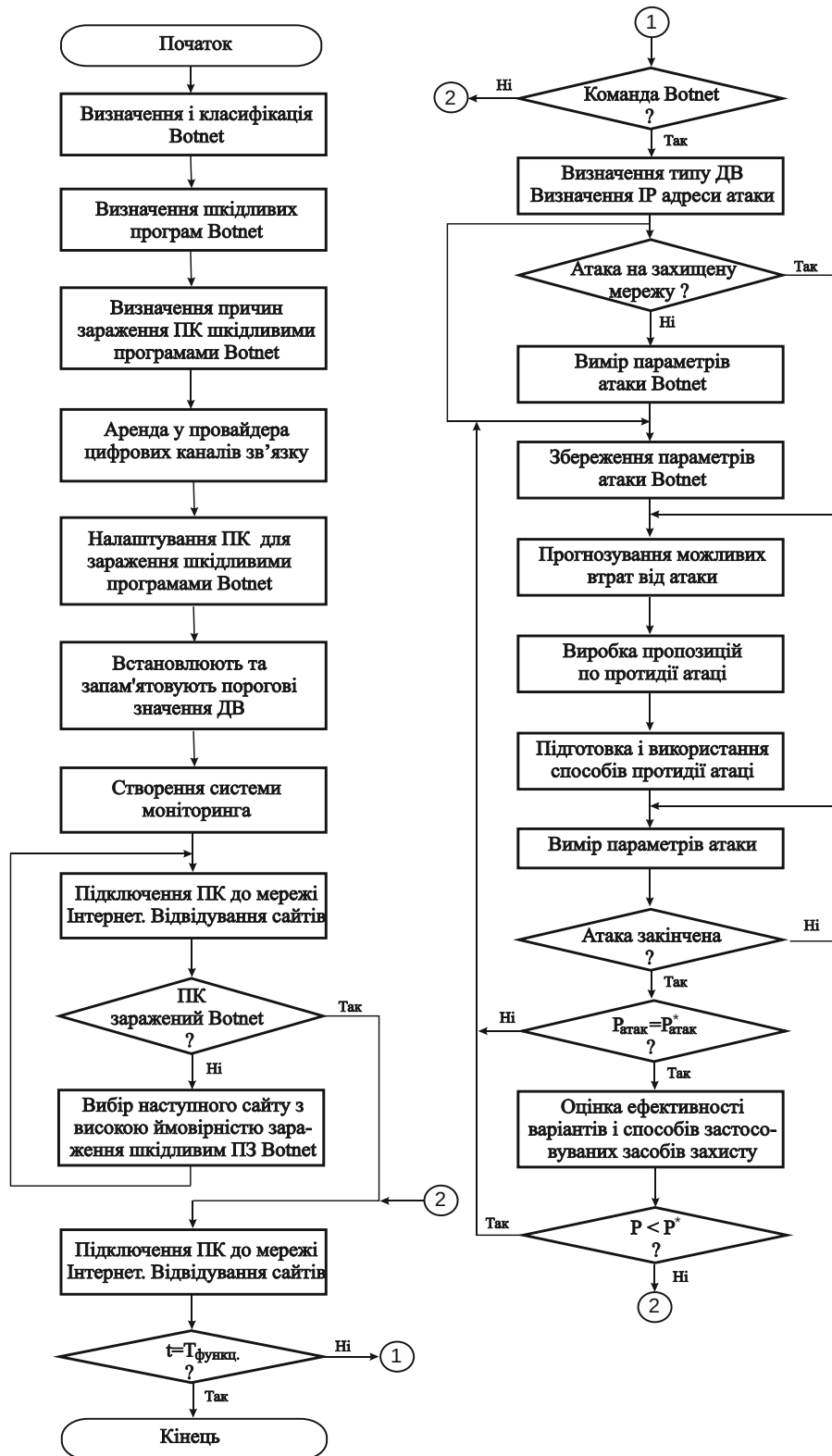


Рисунок 3 - Алгоритм раннього виявлення деструктивних впливів Botnet на мережу передачі даних

Результат модуля статистичного аналізу - зниження часу прийняття рішення про протидію деструктивному впливу на мережу передачі даних з боку Botnet, за рахунок ідентифікації початку впливу на етапі підготовки Botnet до деструктивного впливу. Проблема вирішується за рахунок раннього виявлення деструктивних впливів Botnet на мережу передачі даних, за рахунок аналізу потоку даних що надходить на попередньо заражений ПК,

визначають мету і вид впливів Botnet, на підставі проведеного аналізу вживають відповідних заходів щодо завчасної активації засобів протидії деструктивному впливу (рис. 4).

Сучасні засоби запобігання та виявлення витоків інформації застосовують різні методи проведення аналізу потоку даних. До основних відносяться контекстні та контентні методи. Контентні методи застосовують пошук регулярних виразів, цифрових сигнатур, шаблонів та аналіз тексту. Контекстні методи базуються на проведенні аналізу службової інформації: номер порту одержувача та джерела даних, ір-адреса, розмір даних, величина міжпакетних інтервалів, протокол передачі, наявність прапорів. Наведені методи не здатні виявити витік даних у стислому та зашифрованому виді, а додавання цифрових сигнатур дозволяє маскувати зашифровані дані під стислі простим способом.

На теперішній час в області безпеки інформації знайшли широке використання поведінкові методи аналізу потоку даних та алгоритми машинного навчання. Однією з основних складностей, в даній ситуації, виступає побудова моделей даних, обробка та пошук ознакового простору, що дозволяють алгоритмам машинного навчання з високою точністю проводити класифікацію даних, об'єкти та дії різних класів.

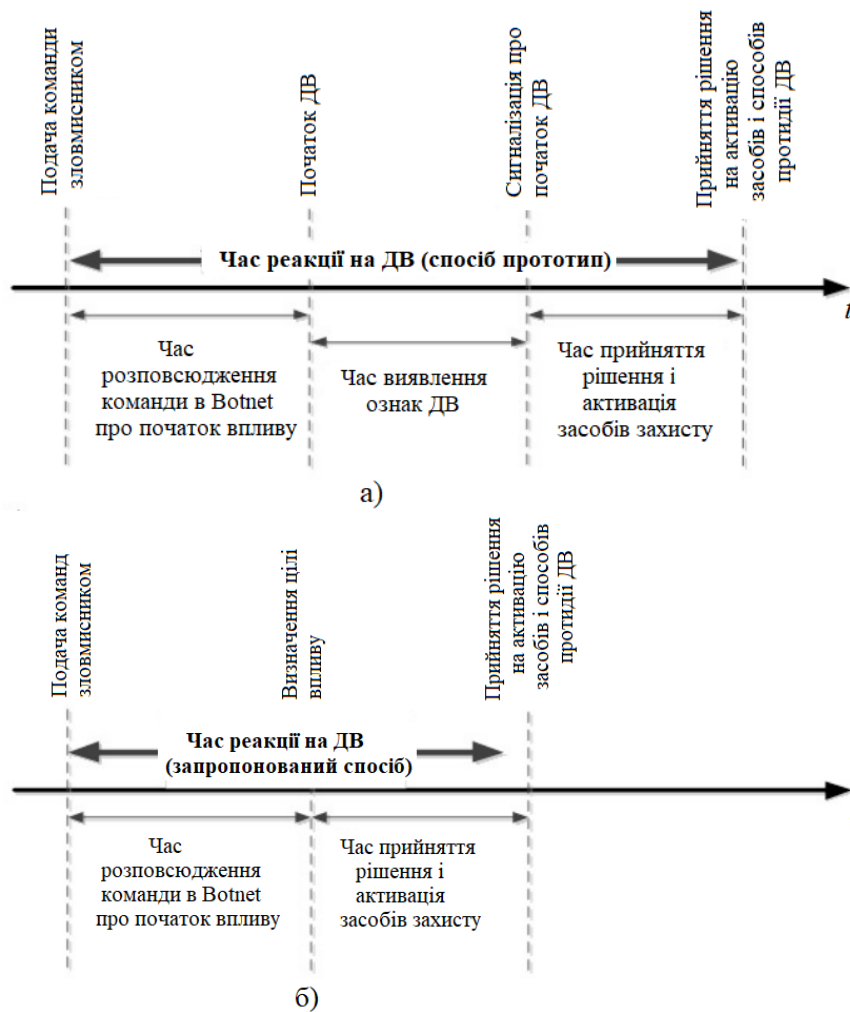


Рисунок 4 — Вирішення проблеми раннього виявлення деструктивного впливу Botnet (а) – спосіб прототип; б) -запропонований спосіб)

Запропонований метод класифікації псевдовипадкових послідовностей враховує дискримінуючу здатність статистичних ознак, може бути впроваджений у існуючі засоби запобігання та виявлення витоків інформації з метою усунення зазначених недоліків. Схема використання запропонованого модуля статистичного аналізу у DLP-системах наведено на рис. 5. Зашифрований потік даних може передаватися з робочих станцій співробітників, різних інформаційних систем, мережевих сховищ.

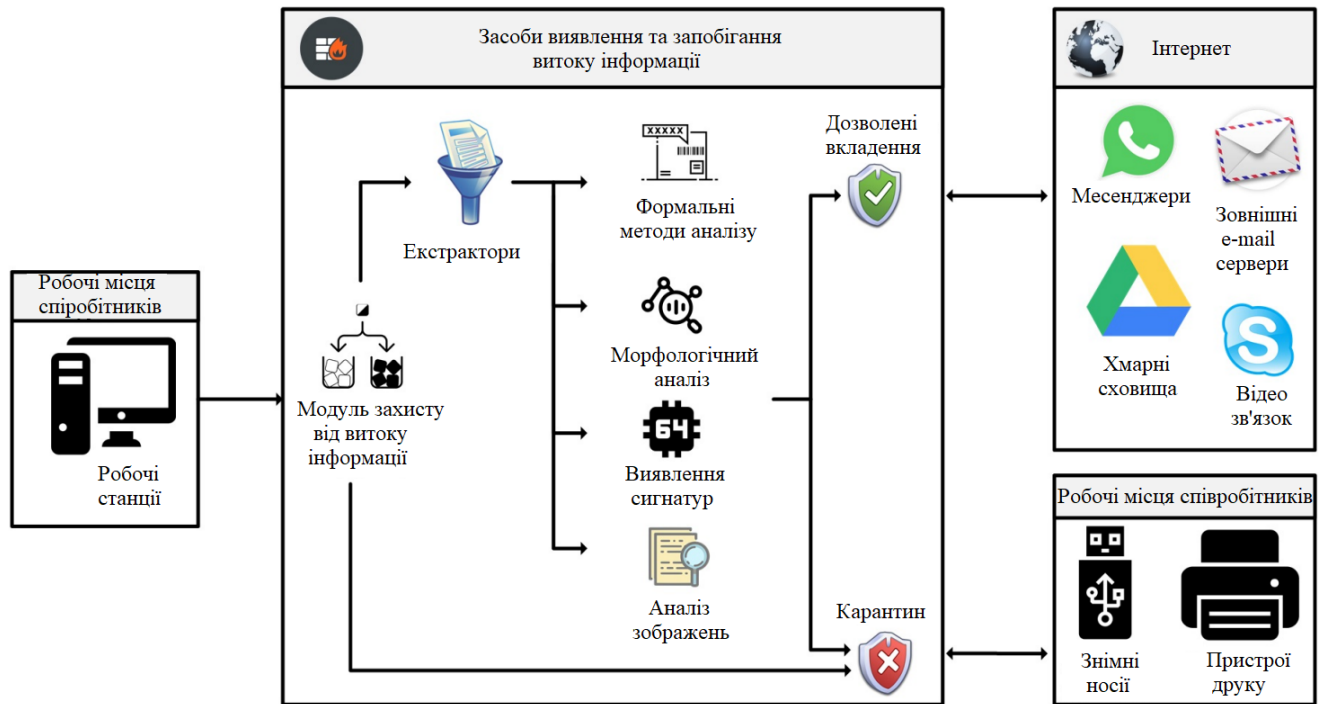


Рисунок 5 - Схема впровадження запропонованого модуля статистичного аналізу даних у DLP-системи

При спробі передачі конфіденційної інформації за периметр підприємства по мережових каналах, при завантаженні даних на знімні носії, модуль статистичного аналізу виконує визначення типу інформації, яка передається. У випадку виявлення зашифрованих послідовностей спрацьовують механізми захисту, налаштованих відповідно до прийнятої політики безпеки, або здійснюється заборона передачі інформації.

У ході досліджень перенесено запропонований підхід на файли офісних форматів та стислі файли, використано, при цьому, нейронну мережу, алгоритми градієнтного бустингу на основі дерев рішень. Вхідними даними під час проведення класифікації використанні статистичні ознаки: математичне очікування; частота входження підпослідовностей довжиною 4,5,6 байт; розподіл ентропії байт; хешовані значення байтових рядків вкладень середньоквадратичне відхилення значень ентропії байт. Найбільшу точність класифікації послідовностей продемонстрував алгоритм градієнтного бустингу на основі дерев рішень. Запропонований алгоритм класифікації дозволяє здійснювати класифікацію псевдовипадкових послідовностей на основі 100 ознак, що суттєво знижує час проведення класифікації.

На програмному сервері електронної пошти проводиться аналіз вкладень електронної пошти, що знаходиться в межах контрольованого периметру мережі організації. Схема впровадження запропонованого методу класифікації псевдовипадкових послідовностей на сервері пошти наведена на рис. 6.

Оскільки моделі псевдовипадкових послідовностей і алгоритми класифікації послідовностей застосовуються статистичні ознаки, точність класифікатора залежатиме від розміру аналізованої псевдовипадкової послідовності.

Для оцінки розробленого алгоритму класифікації та визначення найкращих параметрів класифікатора проведено експерименти над сформованою вибіркою даних. Отримані результати визначення точності класифікації псевдовипадкових послідовностей від числа використовуваних ознак отриманої моделі, відсортованих за зменшенням дискримінуючої здатності наведені на рис. 7.

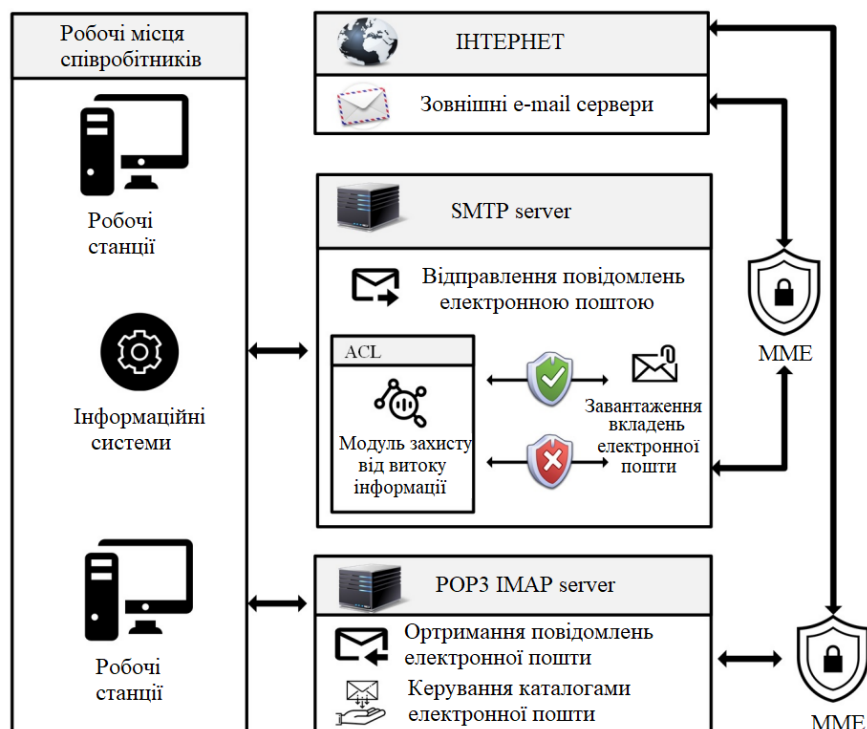


Рисунок 6 - Схема впровадження модуля статистичного аналізу даних на сервер електронної пошти методи стиснення даних

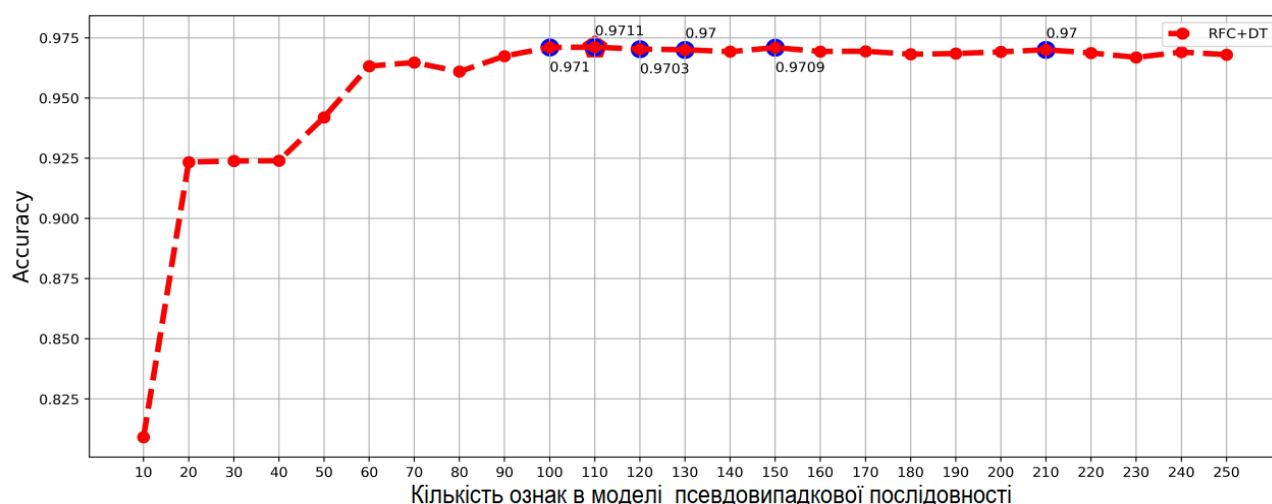


Рисунок 7 — Оцінка точності класифікатора від числа ознак моделі псевдовипадкової послідовності

Алгоритм побудови випадкового лісу відноситься до ансамблевих методів, для визначення класу псевдовипадкових послідовностей застосовується процедура голосування яка входить до складу класифікаторів. Таким чином, клас, який набрав більшість голосів, присвоюється аналізованій псевдовипадковій послідовності. Результати визначення найбільш оптимальної глибини дерев та залежність точності класифікації від їх кількості представлені на рис. 8 та 9 відповідно.

Оскільки алгоритми класифікації псевдовипадкових послідовностей і моделі послідовностей використовуються статистичні ознаки, точність класифікатора залежатиме від розміру псевдовипадкової послідовності. Результати, від мінімального розміру псевдовипадкової послідовності, оцінки точності класифікатора наведено на рис. 10.

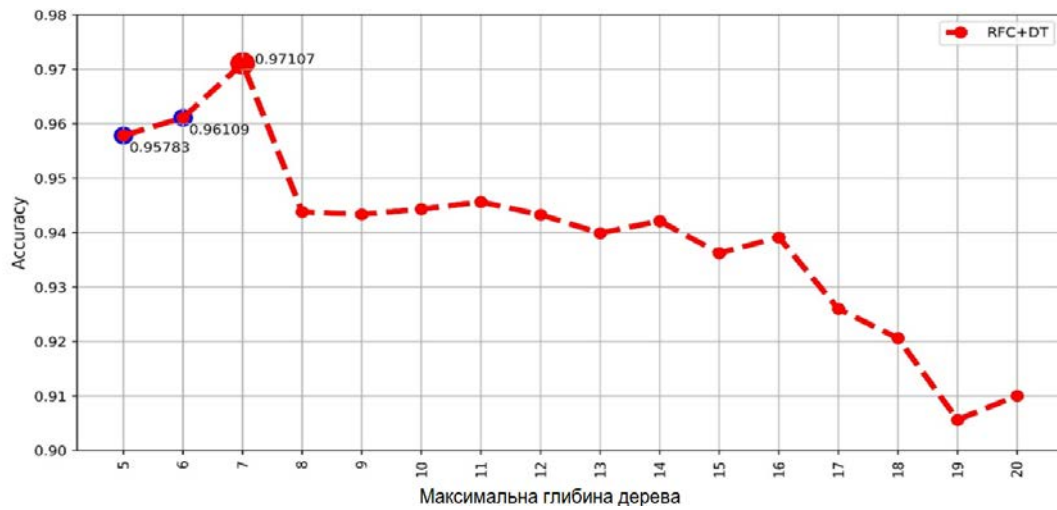


Рисунок 8 - Оцінка точності класифікатора від максимальної глибини дерев

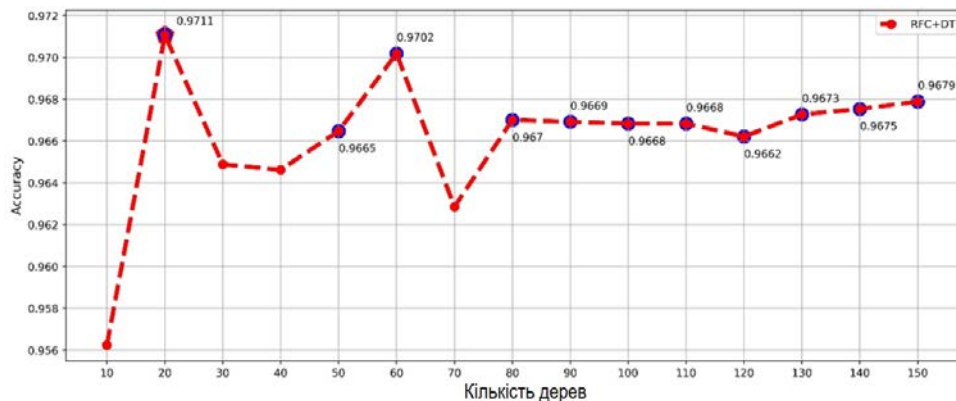


Рисунок 9 — Оцінка точності класифікатора від кількості дерев

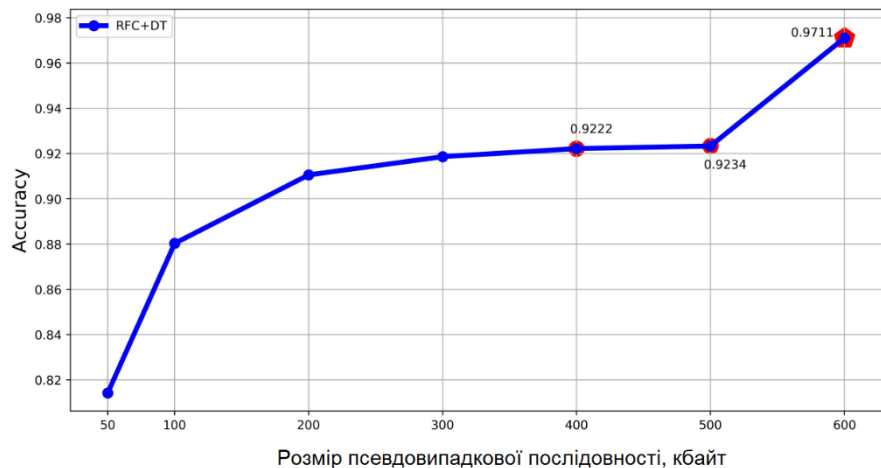


Рисунок 10 - Оцінка точності класифікатора від розміру послідовності

Для оцінки ефективності запропонованого методу захисту від витіку конфіденційних даних проведені експерименти з визначення точності бінарної класифікації стислих та зашифрованих даних в залежності від типів вхідних послідовностей, що піддаються процедурам стиснення.

Висновки. Запропонований метод класифікації псевдовипадкових послідовностей, сформованих алгоритмами стиснення і шифрування інформації, враховує дискримінуючу здатність статистичних ознак даних і його реалізацію. Представлено опис, виконано обґрунтування, здійснено пошук основних параметрів класифікатора.

У ході практичної реалізації проведено кількісну оцінку точності класифікації псевдовипадкових послідовностей залежно від параметрів запропонованого класифікатора. Обґрунтовано вибір довжини підпослідовності в дев'ять біт, як значення найбільш раціональне,

що дозволяє досягти класифікації псевдовипадкових послідовностей високої точності та мінімального часу виконання процедури класифікації. Обґрунтовано вибір скануючого оптимального вікна класифікатора розміром в 500 кбайт. Залежно від вимог до точності та швидкості аналізу даних запропоновано два режими роботи: сканування випадково вибраного фрагмента файлу розміром 500 кб; сканування всього файлу скануючим вікном розміром 500 кб.

Наведено опис місць впровадження запропонованого алгоритму класифікації псевдовипадкових послідовностей у підсистеми захисту електронної пошти, системи виявлення мережових атак, засоби запобігання та виявлення витоків інформації. Здійснено порівняльну оцінку запропонованого алгоритму з відомими аналогами в предметній області досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Доктрина інформаційної безпеки України, затвердженої Указом Президента України від 25 лютого 2017 року № №47/2017, 15с.
2. Державний стандарт України Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення. ДСТУ 3396.0-96 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.dsszzi.gov.ua/dsszzi/control/uk/publish/article?art_id=38883&cat_id=38836
3. Бем М. В. Стандарти захисту персональних даних в соціальній сфері. / М. В.Бем, І. М. Городиський -Львів, 2018р. - 110 с.
4. Богуш В.М.Інформаційна безпека держави / В.М. Богуш, О.К. Юдін. –МК-Прес, 2015 – 432 с.
5. Голубев О.В. Програмно-технічні засоби захисту даних від комп'ютерних злочинів – Запоріжжя : «Павел», 2018. – 145 с.
6. Горбулін П.В. Проблеми захисту інформаційного простору України – К.: Інтертехнологія, 2019. – 138 с.
7. Ленков С.В. Функціональна модель класифікації псевдовипадкових послідовностей зашифрованих та стислих даних запобігання витоку конфіденційної інформації / С.В. Ленков, В.М. Джулій, І.В. Муляр, І.В. Пампуха // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2024. – Вип. №80. – С. 85-97.
8. Ленков С.В. Метод прогнозування вразливостей інформаційної безпеки на основі аналізу даних тематичних інтернет-ресурсів / С.В. Ленков, В.М. Джулій, А.М. Берназ, І.В. Муляр, І.В. Пампуха // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2023. – Вип. №78. – С. 123-134.
9. Ленков С.В. Метод протидії поширенню та виявлення шкідливої інформації в соціальних мережах/ С.В. Ленков, В.М. Джулій, Л.В. Солодєєва // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2022. – Вип. №77. – С. 103-117.
10. Ленков С.В. Модель безпеки поширення забороненої інформації в інформаційно-телекомунікаційних мережах / С.В. Ленков, В.М. Джулій, В.С. Орленко, О.В. Селюков, А.В. Атаманюк // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2020. – Вип. №68. – С. 53-64.
11. Джулій В.М. Алгоритми прогнозування вразливостей та загроз інформаційної безпеки на основі тематичних інтернет-ресурсів/ Майор Є., Джулій В., Чешун В., Петляк Н. Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». 2023. Випуск 4. С.49-56.
12. Ленков С.В. Інформаційно-аналітична системи прогнозування вразливостей та загроз інформаційної безпеки/ С.В. Ленков, В.М. Джулій, О.В. Мірошніченко, В.О. Браун, С.І. Прохорський // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Київ: ВІКНУ, 2023. – Вип. № 79. – С. 114-127
13. Смельянов С.Л. Основи інформаційної безпеки. – Одеса: Фенікс, 2019р.– 357 с.
14. Кудінов В.А. Основи протидії кіберзлочинності. / В. М. Смаглюк, В. Г. Хахановський, В.А. Кудінов – К. : НАВС, 2016р. – 104 с.
15. Лук'янов Б. В. Комп'ютерний аналіз даних / Б. В. Лук'янов – К. : Академія, 2017р. – 345 с.
16. Соціальні мережі – реальні загрози віртуального світу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ogo.ua/articles/view/011-02-23/26490.htm>.
17. Остапов С. Е. Технології захисту інформації: навчальний посібник / С.Е. Остапов, С.П. Євсєєв, О.Г. Король – Харків : Вид-во ХНЕУ, 2016. – 476 с.

18. Ленков С.В. Аналіз існуючих методів та алгоритмів виявлення атак в бездротових мережах передачі даних / С.В. Ленков, В.М. Джулій, Н.М. Берназ, С.О. Божук // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 56. – С.124-132
19. Бурячок В. Л. Інформаційний та кіберпростори: проблеми безпеки, методи та засоби боротьби : посібник / [В. Л. Бурячок, С. В. Толюпа, В. В. Семко та ін.]. – К. : ДУТ-КНУ, 2016. – 178 с.
20. Рибальченко Л.В., Косиченко О.О. Проблеми безпеки персональних даних в Україні / Регіональна економіка / Запоріжжя. 2019. – с.57-62
21. Джулій В.М. Метод класифікації додатків трафіка комп'ютерних мереж на основі машинного навчання в умовах невизначеності / В.М. Джулій, О.В. Мірошніченко, Л.В. Солодєєва // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2022. – Вип. №74. – С. 73-82.
22. Лавров Є. А. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров, Л. П. Перхун, В. В. Шендрік – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.
23. Гончар С. Ф. Оцінювання ризиків кібербезпеки інформаційних систем об'єктів критичної інфраструктури : монографія. / С. Ф. Гончар. – Київ, 2019. – 175 с.
24. Флах, П. Машинне навчання. Наука та мистецтво побудови алгоритмів, які вилучають знання з даних / П. Флах. — Litres, 2019р.-534с.
25. Хорошко, В.О. Захист систем електронних комунікацій: навч. посіб. / В.О. Хорошко, О.В. Криворучко, М.М. Браїловський - Київ., 2019р. 164 с.
26. Yemchuk L. Organizational Network Analysis as a Tool for Leadership Assessment in Software Development Team. Zhylynska O.; Chornyi A.; Dzhuliy V. – Institute of Electrical and Electronics Engineers (30 September 2020); INSPEC Accession Number: 20008165; DOI: 10.1109/ACIT49673.2020.
27. Сигнатура атаки. Wikipedia [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сигнатура_атаки.
28. OPWNAI: Cybercriminals Starting to Use ChatGPT, January 6, 2023 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://research.checkpoint.com/2023/opwnai-cybercriminals-starting-to-usechatgpt>.

REFERENCES:

1. Doktryna informatsiinoi bezpeky Ukrainy, zatverdzhenoї Ukazom Prezidenta Ukrainy vid 25 liutoho 2017 roku № №47/2017, 15s.
2. Derzhavnyi standart Ukrainy Zakhyst informatsii. Tekhnichniy zakhyst informatsii. Osnovni polozhennia. DSTU 3396.0-96 [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: http://www.dsszzi.gov.ua/dsszzi/control/uk/publish/article?art_id=38883&cat_id=38836
3. Bem, M. V. (2018) Standarty zakhystu personalnykh danykh v sotsialnii sferi. / M. V.Bem, I. M. Horodyskyi -Lviv - 110 s.
4. Bohush,V.M. (2015). Informatsiina bezpeka derzhavy/V.M.Bohush,O.K.Yudin.– MK-Pres, – 432 s.
5. Holubiev, O.V. (2018) Prohramno-tekhichni zasoby zakhystu danykh vid kompiuternykh zlochyniv / O. V. Hoshubiev– Zaporizhzhia : «Pavel» – 145 s.
6. Horbulin, P.V. (2019) Problemy zakhystu informatsiinoho prostoru Ukrainy / M.M. Bachenok, P.V. Horbulin – K.: Intertekhnolohiia – 138 s.
7. Lenkov, S.V.(2024), Funktsionalna model klasyfikatsii psevdovypadkovykh poslidovnostei zashyrovanykh ta styslykh danykh zapobihanniu vytohu konfidentsiinoi informatsii / S.V. Lienkov, V.M. Dzhulii, I.V. Muliar, I.V. Pampukha // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU, 2024. – Vyp. №80. – С. 85-97.
8. Lenkov, S.V.(2023), Metod prohnozuвання vrazlyvosti informatsiinoi bezpeky na osnovi analizu danykh tematychnykh internet-resursiv / S.V. Lienkov, V.M. Dzhulii, A.M. Bernaz, I.V. Muliar, I.V. Pampukha // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU -. №78. – С. 123-134.
9. Lenkov, S.V.(2022) Metod protydiv poshyrenniu ta vyivlennia shkidlyvoi informatsii v sotsialnykh merezhakh/ S.V. Lenkov, V.M. Dzhulii, L.V. Solodieieva // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – Vyp. №77. – С. 103-117.
10. Lenkov, S.V. (2020), Model bezpeky poshyrennia zaboronenoї informatsii v informatsiino-telekomunikatsiinykh merezhakh / S.V. Lenkov, V.M. Dzhulii, V.S. ORLENKO, O.V. Sieliukov, A.V. Atamaniuk // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – №68. – pp. 53-64.

11. Dzhulii, V.M. (2023) Alhorytmy prohnouzuvannia vrazlyvostei ta zahroz informatsiinoi bezpeky na osnovi tematychnykh internet-resursiv/ Maior Ye., Dzhulii V., Cheshun V., Petliak N. Mizhnarodnyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh». Vypusk 4. S.49-56.
12. Lienkov, S.V. (2023) Informatsiino-analitychna systemy prohnouzuvannia vrazlyvostei ta zahroz informatsiinoi bezpeky/ S.V. Lienkov, V.M. Dzhulii, O.V. Miroshnichenko, V.O. Braun, S.I. Prokhorskyi // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – Kyiv: VIKNU, 2023. – Vyp. № 79. – C. 114-127
13. Yemelianov, S.L. (2019) Osnovy informatsiinoi bezpeky./S.L.Yemelianov– Odesa: Feniks – 357s.
14. Kudinov, V.A. (2016) Osnovy protydii kiberzlochynnosti. / V. M. Smahliuk, V. H. Khakhanovskiy, V.A. Kudinov. – K. : NAVS – 104 s.
15. Lukianov, B. V. (2017) Kompiuternyi analiz danykh / B. V. Lukianov – K. : Akademiia – 345 s.
16. Cotsialni merezhi – realni zahrozy virtualnogo svitu. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://ogo.ua/articles/view/011-02-23/26490.htm>
17. Ostapov, S. E. (2016) Tekhnolohii zakhystu informatsii: navchalnyi posibnyk / S.E. Ostapov, S.P. Yevseiev, O.H. Korol–Kharkiv : Vyd-vo KhNEU. – 476 s.
18. Lenkov, S.V. (2017), Analiz Isnuyuchih metodiv ta algoritmiv viyavlennya atak v bezdrotovih merezhah peredachI danih / S.V. Lenkov, V.M. Dzhulii, N.M. Bernaz, S.O. Bozhuk // Zbirnik naukovykh prats Viiskovoho Instytutu Kiyivskoho natsionalnogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – Vip. No 56. – p.124-132
19. Buriachok, V. L. (2016) Informatsiinyi ta kiberprostory: problemy bezpeky, metody ta zasoby borotby : posibnyk / V. L. Buriachok, S. V. Toliupa, V. V. Semko – K. : DUT-KNU – 178 s.
20. Rybalchenko, L.V., Kosyuchenko, O.O. (2019) Problemy bezpeky personalnykh danykh v Ukraini / Rehionalna ekonomika / Zaporizhzhia – s.57-62
21. Dzhulii, V.M. (2022), Metod klasyfikatsii dodatkov trafika kompiuternykh merezh na osnovi mashynnoho navchannia v umovakh nevyznachenosti / V.M. Dzhulii, O.V. Miroshnichenko, L.V. Solodieieva // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – Vyp. №74. – pp. 73-82.
22. Lavrov, Ye. A. (2017.), Matematychni metody doslidzhennia operatsii : pidruchnyk / Ye. A. Lavrov, L. P. Perkhun, V. V. Shendryk – Sumy : Sumskiy derzhavnyi universytet – 212 p
23. Honchar, S. F. (2019) Otsiniuvannia ryzykiv kiberbezpeky informatsiinykh system obektiv krytychnoi infrastruktury : monohrafiia. / S. F. Honchar. – Kyiv – 175 s.
24. Flakh, P. Mashynne navchannia. Nauka ta mystetstvo pobudovy alhorytmiv, yaki vyluchaiut znannia z danykh / P. Flakh. — Litres, 2019r.-534s.
25. Khoroshko, V.O. Zakhyst system elektronnykh komunikatsii: navch. posib. / V.O. Khoroshko, O.V. Kryvoruchko, M.M. Brailovskyi - Kyiv., 2019r. 164 s.
26. Yemchuk L. Organizational Network Analysis as a Tool for Leadership Assessment in Software Development Team. Zhylynska O.; Chornyi A.; Dzhuliy V. – Institute of Electrical and Electronics Engineers (30 September 2020); INSPEC Accession Number: 20008165; DOI: 10.1109/ACIT49673.2020.
27. Syhnatura ataky. Wikipedia [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu do resursu: https://uk.wikipedia.org/wiki/Syhnatura_ataky.
28. OPWNAI: Cybercriminals Starting to Use ChatGPT, January 6, 2023 [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu do resursu: <https://research.checkpoint.com/2023/opwnai-cybercriminals-starting-to-usechatgpt>.

Dr. Sci. Prof. Lienkov S.V., Ph.D. Dzhuliy V.M., Ph.D. Muliar I.V.

METHOD OF CLASSIFICATION OF PSEUDO-RANDOM SEQUENCES OF COMPRESSED AND ENCRYPTED DATA TO PREVENT INFORMATION LEAKAGE

The considered task of developing a method for classifying pseudo-random sequences of protection against the leakage of confidential information based on the division of compressed and encrypted data can be used to detect network attacks on data transmission networks, in means of prevention and detection of information leakage, as well as in software products that implement services of electronic mail.

It is shown that data security threats are characterized by a set of qualitative and quantitative vector indicators, and their formalization requires the application of fuzzy set theory and discrete mathematics. It is shown that it is impossible to use expert traditional assessment methods to determine most of the considered indicators. To minimize the risk of leakage of confidential information, it is suggested to form groups of employees and calculate the risk of leakage of confidential data for each of them.

Modern means of preventing and detecting information leaks use various methods of data flow analysis. The main ones include contextual and content methods. The above methods are not able to detect

a data leak in compressed and encrypted form, and the addition of digital signatures allows you to mask encrypted data as compressed in a simple way, in the field of information security, behavioral methods of data flow analysis and machine learning algorithms have found wide use. One of the main difficulties in this situation is the construction of data models, processing and search of the feature space.

The proposed method of classifying pseudo-random sequences takes into account the discriminating ability of statistical features, it can be implemented into existing means of preventing and detecting information leaks in order to eliminate the mentioned shortcomings. An encrypted data stream can be transmitted from employee workstations, various information systems, and network storage.

To evaluate the effectiveness of the proposed method of protection against leakage of confidential data, experiments were conducted to determine the accuracy of binary classification of compressed and encrypted data depending on the types of input sequences subjected to compression procedures.

In the course of practical implementation, a quantitative assessment of the classification accuracy of pseudorandom sequences was carried out depending on the parameters of the proposed classifier. The choice of the subsequence length of nine bits is justified as the most rational value, which allows to achieve classification of pseudo-random sequences with high accuracy and minimal time for the classification procedure. The choice of the optimal scanning window of the classifier with a size of 500 kb is justified. Depending on the requirements for accuracy and speed of data analysis, two modes of operation are proposed: scanning of a randomly selected fragment of a file with a size of 500 kb; scanning the entire file with a 500 KB scanning window.

A description of the places of implementation of the proposed method of classifying pseudo-random sequences into e-mail protection subsystems, network attack detection systems, means of preventing and detecting information leaks is given. A comparative evaluation of the proposed algorithm with known analogues in the subject area of research was carried out.

Keywords: pseudorandom sequences, functional model, information security, classification accuracy, encrypted, compressed data.

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЦІЛЕВКАЗАННЯ.

Надається обґрунтування необхідності удосконалення автоматизованого процесу управління в системі автоматичного відпрацювання цілевказання. Сучасні Збройні Сили України використовують засоби автоматизації на усіх рівнях управління військами і управління засобами ураження. Поряд з автоматизацією процесу управління на всіх рівнях тенденції останніх років вказують на рух уваги у бік низових ланок управління. Системи управління у цих ланках забезпечують збір, обробку та аналіз інформації, необхідної для оптимізації управління безпосередньо бойовими засобами. Конкретна вогнева задача бойовому розрахунку, її передача і доведення до виконавця є важливим моментом у процесі такого управління. Центральне місце у постановці завдання займає цілевказання, тобто коротке, чітке та зрозуміле повідомлення про місцезнаходження цілі та іншої інформації про неї. Гарантоване доведення цілевказання від будь-якої ланки управління до засобів ураження є одним з напрямків розвитку і удосконалення автоматизованих систем управління військового призначення. Автоматизований спосіб надавання цілевказання забезпечує найменші витрати часу на постановку вогневого завдання та його виконання. Однак для його реалізації необхідна інформація щодо достатньо повної ідентифікації цілей на пунктах управління різних рівнів та достатньо точна інформація про місцезнаходження своїх сил і засобів. У багатьох випадках динамічні властивості таких систем описуються диференціальними рівняннями високого порядку. Реалізація оптимальної швидкодії у таких випадках стикається з низкою технічних труднощів, які пов'язані з необхідністю розрахунку та реалізації кількості інтервалів керуючої дії. Кількість інтервалів дорівнює порядку диференційного рівняння системи. У цьому випадку є доцільним перехід до квазіоптимального управління з кількістю переключень інтервалів керуючої дії, що дорівнює трьом. Зменшення кількості переключень дозволить не тільки спростити функції мікропроцесора в такій системі управління, а також збільшити її надійність. Також в роботі представлений чисельний експеримент, що підтверджує гіпотезу академіка Ішлінського О.Ю. про можливість представлення системи високого порядку еквівалентною системою 3-го порядку. Теорія оптимальних систем висвітлює шляхи удосконалення та вказує на невикористані резерви існуючих систем автоматичного управління. Розвиток математичної теорії багато в чому визначається розробкою методів синтезу оптимальних систем. Беллман Р. та Фельдбаум О. вперше сформулювали і доказали теорему про n інтервалів або про n переключень керуючими системами. Згідно з теоремою про n інтервалів О. А. Фельдбаума кількість таких переключень може бути зменшена якщо замінити систему управління n -го порядку на еквівалентну систему більш низького порядку. Згідно з гіпотезою академіка О. Ю. Ішлінського для будь-якої системи n -го порядку може бути знайдена система третього порядку. Задача ідентифікації динаміки технологічних процесів вирішується по кривим розгону. Використання прямих чисельних методів обмежено в деяких випадках неможливістю реалізувати вхідний вплив потрібної форми. У даному випадку ідентифікація об'єкта здійснюється звичайним диференціальним рівнянням 4-го порядку. Також відомий вигляд диференційного рівняння 3-го порядку. Знаходяться параметри рівняння 3-го порядку, при яких рішення диференціальних рівнянь 4-го і 3-го порядку найбільш наближенні одне до одного.

Для вирішення задачі використовується метод Нелдера-Міда. Рішення вихідного диференційного рівняння пропонується знаходити за методом Рунге-Кутта-Мерсона. Отримані результати дозволяють спростити процес управління об'єктом у системах автоматичного відпрацювання цілевказання. Проведені чисельні експерименти підтвердили гіпотезу академіка О.Ю. Ішлінського про можливість представлення системи n -го порядку еквівалентною системою 3-го порядку. Зменшення порядку диференційного рівняння дозволяє зменшити кількість переключень керуючого діяння і таким чином зменшити час на збір, обробку та аналіз інформації необхідної для управління бойовими засобами.

Ключові слова: *квазіоптимальне управління, перехідний процес, математичне моделювання, чисельний метод, інформація.*

Вступ та аналіз останніх досліджень. Сучасна армія України використовує засоби автоматизації на усіх рівнях управління військами і управління засобами ураження. Нові засоби і способи збройної боротьби різко змінили просторові і часові масштаби бойових операцій, перетворивши їх в швидкоплинні й динамічні. Значно зросли темпи наступу і площа для збору та обробки інформації. Все це збільшило обсяг оперативно-тактичної інформації і скоротило час на її обробку.

Поряд з автоматизацією процесу управління на всіх рівнях тенденції останніх років вказують на рух уваги у бік низових ланок управління [1-6]. Системи управління у цих ланках забезпечують збір, обробку та аналіз інформації, необхідної для оптимізації управління безпосередньо бойовими засобами в цілях найбільш ефективного їх використання. Конкретна вогнева задача бойовому розрахунку, її передача і доведення до виконавця є важливим моментом у процесі такого управління [7, 8]. Центральне місце у постановці завдання займає цілевказання, тобто коротке, чітке та зрозуміле повідомлення про місцезнаходження цілі та іншої інформації про неї. Гарантоване доведення цілевказання від будь-якої ланки управління до засобів ураження є одним з напрямків розвитку і удосконалення автоматизованих систем управління військового призначення [6, 7, 13].

По виду технічної реалізації розрізняють автоматизований і неавтоматизований спосіб надавання цілевказання. Автоматизований є самим ефективним. Він забезпечує найменші витрати часу на постановку вогневого завдання та його виконання. Однак для його реалізації необхідна інформація щодо достатньо повної ідентифікації цілей на пунктах управління різних рівнів та достатньо точна інформація про місцезнаходження своїх сил і засобів [6 – 8].

Для забезпечення автоматичного відпрацювання цілевказання в системах управління застосування зброї повинен бути передбачений спеціальний режим роботи. З технічної точки зору він є перехідним режимом, оскільки необхідно швидко змінити значення керованого параметра (координати). Тому потрібно, щоб такий перехідний процес був оптимальним за швидкодією. У багатьох випадках динамічні властивості таких систем описуються диференційними рівняннями високого порядку [9].

Реалізація оптимальної швидкодії у таких випадках стикається з низкою технічних труднощів, які пов'язані з необхідністю розрахунку та реалізації кількості інтервалів керуючої дії. Кількість інтервалів дорівнює порядку диференційного рівняння системи. У цьому випадку є доцільним перехід до квазіоптимального управління з кількістю переключень інтервалів керуючої дії, що дорівнює трьом. Зменшення кількості переключень дозволить не тільки спростити функції мікропроцесора в такій системі управління, а також збільшити її надійність.

Теорія оптимальних систем висвітлює шляхи удосконалення та вказує на ще не використані резерви існуючих систем автоматичного управління. До опанування цієї проблеми було привернуто увагу низки вчених: Ю. Г. Антомонова, Б. Банді, Р. Беллмана [1, 2, 3], Питання квазіоптимального управління висвітлюють у роботах Т. Н. Сердюк, Н. М. Трипутень, В. В. Кузнєцова, М. Н. Трипутень, А. В. Кузнєцовой, В. С. Сенькіна [9], С. С. Гаценко [8]. Питання автоматизованих систем управління у зразках озброєння та військової техніки висвітлені у роботах М. В. Андрушко, П. Л. Аркушенко, А. М. Андрушко, О. Є. Кузміч [12], О. Ф. Величко, Б. О. Демідова, М. В. Борисенко, В. Ш. Коваленко, С. О. Щербініна [13].

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

Основні результати досліджень. У сучасних умовах збройна боротьба ведеться із застосуванням високоточної зброї, високоефективних засобів розвідки й ураження, навігації і зв'язку, з різким збільшенням розмаху і швидкоплинності операцій, інформаційного навантаження органів управління, істотним підвищенням ролі інформаційної складової в процесах управління, крім того, набуває особливої актуальності проблема підвищення ефективності управління військами (силами) і на передній план висуваються оперативність управління.

Найбільш важливою та складною частиною управління військам при веденні бойових дій є управління вогнем. Оперативність та якість такого інформаційно-технологічного управління є еквівалентним міцності зброї. Сучасні бойові дії потребують скорочення часу на підготовку цілевказання та відкриття вогню. Оскільки зростання темпів наступу та площі для

збору та обробки інформації суттєво збільшили об'єм оперативно-тактичної інформації, то існує проблема необхідності скорочення часу на її обробку і доведення від ланки управління до засобів ураження. Оптимальне, тобто найкраще з точки зору визначеного критерія, управління дозволяє довести швидкодію, точність та інші показники ефективності функціонування системи до значень, близьких до граничних. При цьому дотримуються обмеження, які накладаються на інші параметри об'єкта і регулятора. Досить повно на сьогодні вирішена задача про оптимальне за швидкодією управління об'єктом, рух яких описується диференціальними рівняннями з постійними коефіцієнтами. Теорія оптимальних систем висвітлює шляхи удосконалення та вказує на невикористані резерви існуючих систем автоматичного управління. Розвиток математичної теорії багато в чому визначається розробкою методів синтезу оптимальних систем. Беллман Р. та Фельдбаум О. вперше сформулювали і доказали теорему про n інтервалів або про n переключень керуючими системами.

Проектування системи управління неможливо здійснити, якщо не вирішена задача ідентифікації об'єкта. Тому варто звернути увагу на дослідження задач ідентифікації при рішенні задач синтезу оптимальних за швидкодією систем [10-12]. Процедура ідентифікації складається з наступних основних етапів: вибору структури моделі; визначення критерія близькості об'єкта та моделі; визначення параметрів моделі, оптимальної відносно вибраного критерія близькості. Структура моделі при рішенні задачі оптимального за швидкодією процесу визначається самою постановкою задачі. Стосовно визначення критерія близькості n -го порядку та еквівалентної їй системи більш низького порядку (3-го або 2-го), то специфікою цього завдання визначається вид характеристики об'єкта регулювання. Характеристика є детерміновано динамічною, а не статичною. При вирішенні задачі ідентифікації динамічних об'єктів по кривим розгону виникає проблема вибору значень коефіцієнтів диференціального рівняння, що описує об'єкт управління або елемент системи. Відомі методи ідентифікації динамічних систем об'єктів [1, 2, 4, 10], не пристосовані для будь-якого об'єкта і потребують великої попередньої роботи. Якщо заданий вигляд звичайного диференціального рівняння, то необхідно визначити значення коефіцієнтів цього рівняння. Вирішуючи цю задачу для кількох варіантів рівняння можна знайти модель об'єкта, яка найбільш точно ідентифікує його динаміку.

Реалізація завдання, щодо скорочення часу на збір та обробку оперативно-тактичної інформації, а також засобів ураження ускладнюється розрахунками кількості інтервалів керуючого діяння. Кількість інтервалів дорівнює порядку диференціального рівняння.

Згідно з теоремою про n інтервалів О. А. Фельдбаума кількість таких переключень може бути зменшена якщо замінити систему управління n -го порядку на еквівалентну систему більш низького порядку. Згідно з гіпотезою академіка О. Ю. Ішлінського для будь-якої системи n -го порядку може бути знайдена система третього порядку.

Розглянемо методику пошуку такої системи. Вирішення задачі заміни диференціального рівняння n -го порядку еквівалентним диференціальним рівнянням 3-го порядку включає перш за все рішення диференціального рівняння n -го порядку. Потім криву перехідного процесу необхідно ідентифікувати рівнянням третього порядку.

Одною з важливих задач оптимізації є обчислення коефіцієнтів (параметрів) звичайних диференціальних рівнянь по реалізації їх рішень, тобто параметрів в математичній моделі динамічного об'єкта. Параметри знаходяться з умови мінімуму цільової функції, яка представляє собою суму квадратів відхилень рішень диференціального рівняння від його заданих значень. Така методика дозволяє встановити математичну модель динамічного об'єкта з великою точністю. При чому значення цільової функції обчислюється чисельним методом.

Задача ідентифікації динаміки технологічних процесів вирішується по кривим розгону. Використання прямих чисельних методів обмежено в деяких випадках неможливістю реалізувати вхідний вплив потрібної форми. У даному випадку ідентифікація об'єкта здійснюється звичайним диференціальним рівнянням.

Сформулюємо задачу ідентифікації диференціального рівняння 4-го порядку диференціальним рівнянням третього порядку.

Дано рівняння четвертого порядку з нульовим початковими умовами:

$$A^{(4)} + A_4 y''' + A_3 y'' + A_2 y' + A_1 y = A_1 1(t),$$

де:

y – досліджувана функція;

A_1, A_2, A_3, A_4 – задані коефіцієнти;

Відомий вигляд диференційного рівняння 3-го порядку.

$$y''' + y_{a3e}'' + y_{a2e}' + y_{a1e} = a_{1e} 1(t),$$

де:

a_{1e}, a_{2e}, a_{3e} – невідомі коефіцієнти;

y_e – еквівалентна функція відносно y .

Необхідно знайти значення a_{1e}, a_{2e}, a_{3e} , при яких рішення рівняння (2) найбільш близьке до рішення рівняння (1).

Вирішення цієї задачі є функцією аргументу t та параметрів a_{1e}, a_{2e}, a_{3e} , а при заданому значенні $t = t_i$ – тільки параметрів

$$Y_e = f(a_{1e}, a_{2e}, a_{3e})$$

Сума квадратів відносних та абсолютних відхилень рішень даних рівнянь є функцією тих самих параметрів. У точці де значення цієї функції дорівнює нулю рішення вихідного та еквівалентного рівняння співпадають. Мінімізація функції суми квадратів відносних та абсолютних відхилень рішень рівнянь виконується за допомогою метода Нелдера-Міда.

Як показують чисельні експерименти, мінімізація відносних та абсолютних відхилень функції дозволяє з більшою точністю обчислити параметри диференційного рівняння порівняно з випадком, коли мінімізуються тільки абсолютні відхилення.

Для того, щоб методика була придатною і для випадку, коли відомі значення рівняння 4-го порядку дорівнюють нулю, цільова функція містить суму квадратів відносних відхилень у точках, де відомі значення рівняння не дорівнюють нулю і суму квадратів абсолютних відхилень у точках, де відомі значення рівняння дорівнюють нулю.

Для мінімізації цільової функції використовується метод Нелдера-Міда. Рішення вихідного диференційного рівняння пропонується знаходити за методом Рунге-Кутта-Мерсона. В даному випадку величина кроку інтегрування диференціальних рівнянь не впливає на точність рішення диференційного рівняння, тобто згідно з цим методом крок інтегрування зменшується до тих пір, поки не забезпечить задану точність.

Приклад

Система (якоїсь військової системи) описується диференціальним рівнянням 4-го порядку.

$$y^{(4)} + 40y''' + 600y'' + 4000y' + 10000y = 10000$$

Необхідно знайти коефіцієнти диференційного рівняння 3-го порядку, рішення якого мінімально відрізняються від рішень вихідного рівняння.

Для цього необхідно вирішити диференціальне рівняння 4-го порядку та отримати його перехідну характеристику. Потім цю характеристику треба ідентифікувати рівнянням третього порядку.

Рішення задачі включає наступні етапи:

1. Вирішується методом Рунге-Кутта-Мерсона диференціальне рівняння 4-го порядку.
2. Згідно з отриманою перехідною характеристикою знаходяться коефіцієнти рівняння третього порядку.

Обчислення цільової функції

$$F = \sum_{i=1}^k \{[\varphi(t_i, a_{1e}, a_{2e}, a_{3e}) - y_i]/y_i\} + \sum_{i=1}^k [\varphi(t_i, a_{1e}, a_{2e}, a_{3e}) - y_i]^2$$

та її оптимізація здійснюється на комп'ютері згідно з програмою.

У нашому випадку отримано наступний результат:

Мінімум цільової функції знаходиться у точці:

$a_{1e} - 161,93$

$a_{2e} - 68,07$

$a_{3e} - 8,45$

Значення середнього відносного відхилення = 5,258375E-02.

Порівняння рішень диференційних рівнянь 4-го і 3-го порядку здійснювалося у різних точках перехідної характеристики системи. Результати надані в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння заданого рішення диференційного рівняння з знайденим.

Точка	Вихідне рішення	Знайдене рішення
0.1	0.2066	0.2813
0.2	0.1567	0.1426
0.3	0.3696	0.3414
0.4	0.581	0.5661
0.5	0.7453	0.7589
0.6	0.8553	0.8880
0.7	0.9275	0.922
0.8	0.9557	0.9657
0.9	0.9825	0.9554
1	0.9902	0.9475
1.1	0.9970	0.9494

Таким чином, отримуємо диференційне рівняння:

$$y''' + y''8,45 + y'68,07 + y161,93 = 161,93.$$

У таблиці 2 наведений результат прикладу розрахунку по заміні системи 4-го порядку системою 3-го порядку.

Таблиця 2

Зв'язок між параметрами системи 4-го порядку і еквівалентної системи 3-го порядку.

Порядок рівняння	Параметри вихідної системи 4-го порядку			
4	A_1	A_2	A_3	A_4
	10000	4000	600	40
3	Параметри вихідної системи 3-го порядку			
	a_{1e}	a_{2e}	a_{3e}	
	161,93	68,07	8,45	

Аналогічним чином можна отримати результат по заміні системи 5-го порядку системою 3-го порядку (таблиця 3).

Таблиця 3

Зв'язок між параметрами системи 5-го порядку і еквівалентної системи 3-го порядку.

Порядок рівняння	Параметри вихідної системи 5-го порядку
------------------	---

5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
	100000	50000	10000	1000	50
3	Параметри вихідної системи 3-го порядку				
	a_{1e}	a_{2e}	a_{3e}		
	81,81	43,29	6,7		

Результати експериментів та аналіз результатів дозволяють зробити висновки про справедливість гіпотези академіка Ішлінського О. Ю. про можливість аналітичного опису будь-якої лінійної динамічної системи диференціальними рівняннями 3-го порядку.

Висновки. Гарантоване доведення інформації щодо цілевказання від будь-якої ланки управління до засобів ураження є важливим напрямком розвитку та удосконалення систем управління військового призначення. Особливе місце у виконанні цього завдання займає мінімізація витрат часу на постановку вогневого завдання та його виконання. Одним з основних висновків дослідження є можливість переходу від оптимального до квазіоптимального за швидкістю управління автоматичного відпрацювання цілевказання. Квазіоптимальне управління передбачає можливість представлення системи n-го порядку еквівалентною їй системою 3-го порядку. Перехідні характеристики систем повинні максимально наближатися одна до одної. Для цього пропонується визначити коефіцієнти диференціального рівняння 3-го порядку, рішення якого повинні максимально співпадати з рішеннями диференціального рівняння високого порядку (4-го або 5-го). Визначення рішень диференціального рівняння пропонується знайти за допомогою метода Рунге-Кутта-Мерсона. Параметри еквівалентного рівняння 3-го порядку знаходяться за допомогою метода Нелдера-Мида. Проведений чисельний експеримент підтверджує можливість представлення системи n-го порядку еквівалентною системою 3-го порядку. Зменшення порядку диференціального рівняння дозволяє зменшити кількість переключень керуючого діяння в системі управління і збільшити надійність такої системи. Розробка такого наукового дослідження є перспективою наступних наукових напрямків: військова кібернетика, інформатика, системний аналіз, дослідження операцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ладієва Л.Р. Методи оптимізації та пошуку оптимальних рішень: [навч. посіб.] - К.: КПІ ім. Сікорського. 2023. - 73 с.
2. Жалдак М.І., Тріус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: [навч. посіб.] - Черкаси "Брама-Україна" 2005. - 306 с.
3. Соколов С.В. Оптимальні та адаптивні системи: [навч. посіб.] - Суми. Сумський державний університет. 2018. - 221 с.
4. Тулубко В.Б., Беркман Л.Н. Методи оптимізації. - К.: Державний університет телекомунікацій. 2016. - 442 с.
5. Новицький І. В. Сучасна теорія керування: [навч. посіб.] - Дніпро: Національний гірничий університет. 2017. - 263 с.
6. Сільверстов А.М., Островерхов М.Я., Шефер О.В., Ладік Н.Я., Зіменков Д.К. Сучасні системи автоматичного керування технологічними комплексами: [навч. посіб.] - К. КПІ ім. Сікорського. 2023. - 388 с.
7. 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.
8. Гаценко С.С. Аналіз вимог до системи управління військами та шлях їх удосконалення.// Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України ім. І. Черняхівського. - Київ. 2015. С. 6.
9. Сердюк Т.М., Трипутень Н.М., Кузнецов В.В., Трипутень М. Н., Кузнецова А.В., Покотілов Д.Я. Квазіоптимальне управління двигунами постійного струму малої потужності. / Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті". 11.12.2019 - 12.12.2019 - Дніпро. ДДПТ. 2019. С. 124.

10. 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.
11. Клімович С.О., Пуштарик О.В. Варіант будови системи управління радіозасобами з широкопasmовими 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.
12. 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.
13. Величко О.Ф., Демідов Б.О., Борисенко М.В., Коваленко В.І., Щербіна Є.О. Методологічні та системно-концептуальні положення і аспекти побудови перспективних автоматизованих систем управління військової техніки Сухопутних військ. // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. № 4. 2022. С. 89-94.

REFERENCES:

1. Ladieva L.R. (2023), "Metody optymizatsiyi ta poshuku optimal'nykh rishen: Navchal'nyy posibnyk". [Methods of optimization and search for optimal solutions. Tutorial.] KPI im. Sikors'koho. Kyiv. 73 p.
2. Zhaldak M. I., Tryus YU. V. (2005), "Osnovy teorii i metodiv optymizatsiyi: Navchal'nyy posibnyk dlya studentiv matematychnykh spetsial'nostey VNZ". [Fundamentals of optimization theory and methods. Study guide for students of mathematical specialties of universities.], "Brama-Ukrayina", Cherkasy, 306 p.
3. Sokolov S. V. (2018), "Optymal'ni ta adaptivni systemy :Navchal'nyy posibnyk" [Optimal and adaptive systems], Sums'kyi derzhavnyi universytet. Sumy. 221 p.
4. Tulubko V. B., Berkman L.N. (2016), "Metody optymizatsiyi: Pidruchny". [Optimization methods], Derzhavnyi universytet telekomunikatsiy. Dnipro. 442 p.
5. Novytskyi I. V.(2016), "Suchasna teoriya keruvannya:Navchal'nyy posibnyk". [Modern control theory.] Natsional'nyy hirnychnyy universitet. Dnipro. 263 p.
6. Sil'vestrov A. M., Ostroverkhov M. YA., Shefer O. V., Ladik N. YA., Zimenkov D.K. (2023), Suchasni systemy avtomatichnoho keruvannya tekhnologichnykh kompleksamy: Navchal'nyy posibnyk". [Modern systems of automatic control of technological complexes.] KPI im. Sikors'koho.Kyiv. 388. p.
7. Bohach A.S., Chahan YU.A., Marchenko YA.V. and Lykova V.V.(2020), "Shchodo pytannya zbil'shennya dal'nosti ta tochnosti stril'by stvyl'nykh kompleksyiv ozbroynennya": [Regarding the issue of increasing the range and accuracy of shooting, the collection of abstracts of reports of the] L'viv. Natsional'na akademiya Sukhoputnykh viys'k imeni het'mana Petra Sahaydachnoho. Zbirnyk tez dopovidey Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi- konferentsiyi "Perspektyvy rozvytku ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniky Sukhoputnykh viys'k."14-15 travnya.S. 12.
8. Hatsenko S.S. (2015), "Analiz vymoh do systemy upravlinnya viys'kamy ta shlyakh yikh udoskonalennya". [Analysis of the requirements for the military management system and the way to improve them.] Zbirnyk naukovykh prats' Tsentru voyenno-stratehichnykh doslidzhen' Natsional'noho universytetu oborony Ukrainy im. I. Chernyakhovs'koho. Kyiv. S.6.
9. Serdyuk T. M., Tryputen' N. M., Kuznyetsov V. V, Tryputen' M. N., Kuznyetsova A. V. and Pokotilov D.YA. (2019), "Kvazioptimal'ne upravlinnya dvyhunamy postiynoho strumu maloyi potuzhnosti". [Quasi-optimal control of low power DC motors.] Dnipro. DDPT. Zbirnyk tez dopovidey 13-yi Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi "Suchasni informatsiyi ta komunikatsiyi tekhnolohiyi na transporti, v promyslovosti ta osviti". (11.12.2019 - 12.12.2019) S. 124.
10. Sen'kyn V. S., Syutkina-Doronyina S. V. (2019), "Vybir metodiv, shcho vykorystovuyut'sya pry optymizatsiyi proektnykh parametriv upravlinnya raketnym ob'yektom". [Selection of methods used in the optimization of design parameters of missile facility management.]/ Technical mechanics. No. 1. P. 38 - 52.
11. Klimovych S. O., Pushtaryk O. V.,(2023), "Variant budovy systemy upravlinnya radiozasobamy z shirokosmuhovymy syhnamy". [Variant of the structure of the control system of radio means with broadband signals.] Kharkiv. Natsional'na akademiya Natsional'noyi hvardiyi Ukrainy. Kharkivs'kyi Natsional'nyy unyversytet radioelektroniky. Zbirnyk tez dopovidey. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya "Zastosuvannya informatsiynykh tekhnolohiy u pidhotovtsi ta diyal'nosti syl okhorony pravoporyadku". 15 bereznya 2023 r.S. 23-24.

12. Andrushko M. M., Arkushenko P. L., Andrushko A. M. Kuz'mich O. YE.(2023), "Vprovadzhennya system avtomatyzovanoho zboru i obrobky informatsiyi na doslidnykh zrazkakh ozbroyennya ta viys'kovoyi tekhniki". [Implementation of automated information collection and processing systems on experimental samples of weapons and military equipment.] Kharkiv. Natsional'na akademiya Natsional'noyi hvardiyi Ukrainy. Kharkivs'kyi Natsional'nyi universytet radioelektroniky. Zbirnyk tez dopovidey. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya "Zastosuvannya informatsiynykh tekhnolohiy u pidhotovtsi viys'kovoyi tekhniki Sukhoputnykh viys'k ta diyal'nosti syl okhorony pravoporyadku" 15 bereznya 2023. S. 31-32.

13. Velychko O.F., Demidov B.O., Borysenko M.V., Kovalenko V.I., Shcherbina YE.O. (2022) "Metodolohichni ta systemno-kontseptual'ni polozhennya i aspekty pobudovy perspektyvnykh avtomatyzovanykh system upravlinnya viys'kovoyi tekhniki Sukhoputnykh viys'k". [Methodological and system-conceptual provisions and aspects of the construction of prospective automated control systems of military equipment of the Ground Forces.] Kharkiv. Kharkivs'kyi natsional'nyi universytet Povitryanykh Syl im. I. Kozheduba. Kyiv. Aparat Rady Natsional'noyi bezpeky i oborony Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho natsional'noho universytetu Povitryanykh Syl im. I. Kozheduba. № 4. S. 89-94.

PhD Semchak O. M., PhD Bogdanova O. G.

PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECT AUTOMATED CONTROL SYSTEM PURPOSE.

The justification of the need to improve the automated control process in the system of automatic targeting testing is presented. The modern Armed Forces of Ukraine use means of automation at all levels of command of the troops and managing the means of defeat. In parallel with the automation of the management process at all levels, the shadows of recent years indicate a shift of attention towards the lower management levels. The command systems at these levels collect, process and analyse information necessary to optimize the management of the actual combat assets. The specific fire task to combat crew, its transfer and delivery to the contractor is an important point in the process of such control. A central part of the task statement is targeting i.e. a brief, clear and understandable message about the location of the target and other information about it. The guaranteed transmission of target instruction from any level of control to the means of destruction is one of the directions of development and improvement of automated control systems for military purposes. The automated method for achieving the target-setting provides a minimum time for setting the firing task and carrying it out. However, in order for it to be revived, information on the full identification of targets at the different levels of control and sufficiently accurate information on the location of its forces and assets is necessary. In many cases, the dynamic properties of such control systems are described by high-order differential equations. The implementation of optimal speed in such cases faces a number of technical difficulties related to the need to calculate and implement the number of intervals of control action. The number of intervals is equal to the order of the differential equation of the system. In this case, it is advisable to move to a quasi-optimal control with the number of controls switching equal to three. Reducing the number of switches will not only simplify the functions of the microprocessor in such a control system, but also increase its reliability. Optimum system theory illuminates the way forward and points to unused reserves of existing automatic control systems. The development of mathematical theory is largely determined by the development of methods of synthesis of optimal systems. Bellman R. and Feldbaum O. first formulated and proved the theorem of n intervals or n switching by control systems. According to the n interval theorem, the number of switches can be reduced by replacing the n -order control system with an equivalent lower-order system. According to the hypothesis of Academician A.Y. Ishlinsky, a third-order system can be found for any n -order system. The paper presents a numerical experiment confirming the hypothesis of Academician A.Y. Ishlinsky about the possibility of presenting a high-order system equivalent to a third-order system. The problem of identifying the dynamics of technological processes is solved by acceleration curves. The use of direct numerical methods is limited in some cases by the inability to implement the input of the required form. In this case, object identification is carried out by a conventional differential equation of order 4. A type of differential equation of order 3 is also known. The values of the parameters at which the solutions of the differential equations of order 4 and order 3 are most closely related are found. To solve the problem, the Nelder-Mead method is used. The solution of the original differential equation is proposed to be found by the Runge-Kutt-Merson method. The obtained results make it possible

to simplify the process of object management in the systems of automatic targeting testing. The numerical experiments carried out confirmed the conjecture of Academician A.Y. Ishlinsky that the n -order system can be represented by an equivalent system of order 3. Thus, to reduce the time required to collect, process and analyze information necessary for the management of combat assets.

Keywords: quasi-optimal control, transition process, mathematical modeling, numerical method, information.

Дані про авторів

Банзак Геннадій В'ячеславович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Метрології, якості та стандартизації Державного університету інтелектуальних технологій та зв'язку (м. Одеса), ORCID: 0000-0003-1684-3785.

Богданова Олександра Геннадіївна, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник відділу забезпечення якості освіти Військова академія, (м. Одеса) ORCID: 0009-0005-7604-7969.

Бондаренко Семен Володимирович кандидат технічних наук, доцент, докторант науково-організаційного відділу Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, ORCID: 0000-0002-9084-6362.

Винокуров Дмитро Валерійович, доктор філософії, старший викладач кафедри керівництва військами (силами) в мирний час Національний університет оборони України, ORCID: 0000-0002-1342-4393.

Гвоздева Ірина Маратівна, доктор технічних наук, професор Національного університету «Одеська морська академія», ORCID: 0000-0001-5797-0559.

Георгадзе Олександр Аміранович, кандидат військових наук, доцент, заступник начальника кафедри керівництва військами (силами) в мирний час Національний університет оборони України. ORCID: 0000-0002-9306-6660.

Гунченко Юрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, ORCID: 0000-0003-4423-8267.

Джулій Володимир Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки Хмельницького національного університету, ORCID: 0000-0003-1878-4301, SCOPUS ID: 57192704936.

Долінчук Катерина Олександрівна, аспірантка Київського національного університету імені Тараса Шевченка ORCID: 0009-0000-6913-200X.

Єфіменко Анатолій Євгенович, кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри управління повсякденною діяльністю військ, Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0009-0009-1082-1885.

Жиров Геннадій Борисович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Scopus ID:57193847167 ORCID: 0000-0001-7648-7992.

Камалов Євген Віталійович доктор філософії, начальник Київського військового ліцею імені Івана Богуна ORCID: 0000-0002-1994-7144.

Ключак Оксана Миколаївна, старший науковий співробітник кафедри керівництва військами (силами) в мирний час Національного університету оборони України ORCID: 0000-0003-3422-3379.

Кривцун Володимир Іванович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, докторант Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (Львів), ORCID: 0000-0002-3907-5320.

Кольцов Руслан Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геоінформаційних технологій ВІКНУ, ORCID: 0000-0002-8441-9575.

Коренкова Ганна Валентинівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, ORCID: 0000-0001-7207-3688.

Косовцов Андрій Юрійович ад'юнкт науково-організаційного відділу Національної академії сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, ORCID: 0009-0009-3950-1471.

Коцюрuba Володимир Іванович, доктор технічних наук, професор, заслужений винахідник України, заступник начальника штабу Командування Сил підтримки Збройних Сил України (Київ), ORCID: 0000-0001-6565-9576.

Кушнар'ова Галина, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри забезпечення військ (сил) Військової академії, (м. Одеса), ORCID: 0000-0003-2631-2435.

Лещенко Олег Іванович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Електроніки, транспортних технологій та логістики Державного університету

інтелектуальних технологій та зв'язку (Одеса), ORCID: 0000-0001-8589-8596.

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, індекс ДБЛП – 6.

Ліннік Дмитро Сергійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри забезпечення військ (сил) Військової академії, (м. Одеса) ORCID: 0009-0001-3718-5104.

Михайленко Владислав Сергійович, доктор технічних наук, професор Національного університету «Одеська морська академія», ORCID: 0000-0002-1401-0053.

Муляр Ігор Володимирович, кандидат технічних наук., доцент кафедри кібербезпеки Хмельницького національного університету, ORCID: 0000-0002-6659-605X.

Попов Сергій Афанасійович, доктор наук з державного управління, кандидат технічних наук, професор, професор кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та бойового застосування технічних засобів розвідки, Військова академія, (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-0729-9581.

Рабоча Тетяна Валентинівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри забезпечення військ (сил) Військової академії, (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-9475-334X.

Репіло Юрій Євгенович, доктор військових наук, професор, заслужений працівник освіти України, професор кафедри ракетних військ і артилерії Національний університет оборони України ORCID: 0000-0002-3715-2371.

Розмазнін Олександр Петрович, кандидат психологічних наук, доцент кафедри військового лідерства. Військова академія, (м. Одеса), ORCID: 0009-0004-2764-2895.

Семчак Олександр Миколайович, доктор філософії, доцент кафедри управління діями підрозділів військової розвідки та Сил спеціальних операцій Військової академії (м.Одеса), ORCID: 0000-0002-4480-2393.

Сергєєв Олександр Сергійович, доктор філософії, заступник начальника інституту танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», ORCID: 0000-0002-8974-9872.

Сєлюков Олександр Васильович, доктор технічних наук, професор, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, професор аерокосмічної школи Сіянського університету Цзяотун, Сіян, Китай, ORCID: 0000-0001-7979-3434, Scopus ID 57205509194.

Станіслав Володимир Сергійович, начальник відділу досліджень інженерної підтримки Центру досліджень Командування Сил підтримки Збройних Сил України (Київ), ORCID: 0009-0006-1689-0329.

Стоянова-Коваль Світлана Савівна, доктор економічних наук, професор, технік навчально-тренувального комплексу, кафедри забезпечення військ (сил), Військова академія (м. Одеса) ORCID: 0000-0002-1945-0509.

Сокур Наталя Володимирівна, кандидат політичних наук, доцент, доцент кафедри гуманітарних та соціально-економічних дисциплін, Військова академія (м. Одеса), ORCID: 0009-0009-8814-7480.

Фролов Олександр Сергійович, старший викладач кафедри забезпечення військ (сил) Військової академії, (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-0941-4299.

Чайковська Олена Євгенівна, старший викладач кафедри керівництва військами (силами) в мирний час Національний університет оборони України, ORCID: 0000-0002-0656-9105.

Шевченко Тетяна Іванівна, кандидат технічних наук, доцент Одеської державної академії будівництва та архітектури, ORCID: 0000-0002-7304-1706.

Алфавітний покажчик

Банзак Г.В.	7	Кривцун В.	33	Репіло Ю.Є.	59
Богданова О.Г.	94	Кольцов Р.Ю.	26	Розмазнін О.П.	67
Бондаренко С.В.	17	Коренкова Г.В.	48	Семчак О.М.	94
Винокуров Д.В.	59	Косовцов А.Ю.	17	Сергєєв О.С.	17
Гвоздева І.М.	48	Коцюрuba В.І.	33	Сєлюков О.В.	7
Георгадзе О.А.	59	Кушнарьова Г	40	Станіславов В.С.	33
Гунченко Ю.О.	48	Лещенко О.І.	7	Стоянова-Коваль С.С.	67
Джулій В.	77	Лєнков С.В.	7,77	Сокур Н	67
Долінчук К.О.	26	Ліннік Д.С.	40	Фролов О.С.	40
Єфіменко А.Є.	67	Михайленко В.С.	48	Шевченко Т.І.	48
Жиров Г.Б.	26	Муляр І	77		
Камалов Є.В.	59	Попов С.А.	67		
Ключак О.М.	59	Рабоча Т.В.	40		

РЕДАКЦІЙНА ПОЛІТИКА ТА ЕТИЧНІ НОРМИ

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ТА ДОСТУП ДО ЗМІСТУ «ЗБІРНИКА ВІКНУ»

Редакційна політика «Збірника ВІКНУ» заснована на принципах об'єктивності та неупередженості при відборі статей для публікації; високих вимог до якості наукових досліджень; обов'язковості та конфіденційності рецензування статей; додержання колегіальності при 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 опубліковано раніше, не було відправлено до інших редакцій та які повністю відповідають вимогам щодо 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, що 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, у 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 даний 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 дотримання авторського права на електронні інформаційні ресурси, матеріали сайту, електронного журналу або проекту не можуть бути відтворені повністю або частково в будь-якій формі (електронній чи друкованій) без попередньої письмової згоди редакції журналу. При використанні 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 даній 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 данні 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 (при наявності)

Індекс DBLP 10 (при 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.

ПОРЯДОК ПОДАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО "ЗБІРНИКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА"

До друку приймаються оригінальні рукописи, які не опубліковано раніше, не було відправлено до інших редакцій та які 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 даної 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 даного дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному 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 оформлюються два списки літератури: перший (список літератури мовою оригіналу джерела) – згідно наказу 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.на 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, через кому, 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 відокремлено «and» без коми;

– витяги з публікацій, тобто назви статей журналів, глав в книгах наводять у "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 мовою, що наводяться у References, назви статей журналів, глав в книгах наводять латиницею (транслітерацією) у "лапках" та перекладом на англійську мову у 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. Пєвцов, 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 Khudarkovskiy, K.I. (2017), "Informatsiino-psykholohichna borotba u voiennoi 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)

Belozarov, 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 доступа 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)
12 пт жирний	КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ПРИСТРОЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЖЕСТІВ <i>Анотація</i> 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 користувачу 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 користувачу роботу з нею, тому що, жести які потрібні для керування системою, можуть бути інтуїтивно зрозумілими користувачу, 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 в 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 даної 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 даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття, формулювання цілей статті (постановка завдання), виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; їх практичного значення та результатів експерименту чи впровадження; висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Література. References.

УВАГА! Таблиці і рисунки друкують після посилань. Якщо у статті кілька таблиць чи рисунків - їх нумерують. Заголовки таблиць і рисунків необхідно розміщувати по центру, а нумерацію таблиць праворуч від таблиці (стиль **normal**, шрифт – **Times New**

Roman № 12). Рисунок 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 наказу 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., Толок І.В., Цицарев 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., Цицарев 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 ob'ektiv" [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, Ye.S., Cycarjev, V.M. and Procenko, Ja.M. (2017), "Modeliuvannja procesu vidmov ob'ektiv, shho vidnovljujut'sja z ierarhichnoju 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 (при 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 (при 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 (при 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).

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Військового інституту

**Київського національного університету імені
Тараса Шевченка**

№ 82

Усі матеріали надруковані в авторській редакції

Підписано до друку 19.07.2024 р.
Авт. друк. арк. 13,25. Формат 60х90/8
Безкоштовно. Замовлення № 3-24.

Надруковано у навчальному тренувальному комплексі ВІКНУ 03189,

Київ, вул. Ю. Здановської, 81

т. 521-32-89