

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

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

Виходить 4 рази на рік

№ 81

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 – 2023

**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

№ 81

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 – 2023

УДК621.43
ББК 32-26.8-68.49

Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ, 2023. № 81. 108 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,
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 Тараса Шевченка» внесено до категорії «Б» (технічні науки).

Затверджено на засіданні Вченої ради ВІКНУ від 25.01.24 р., протокол № 7.

Відповідальні за макет:

Литвиненко Н.І.,
Романова О.Г.

Відповідальність за новизну і достовірність наведених результатів, тактико-технічних та економічних показників і коректність висловлювань несуть автори. Точка зору редколегії незавжди 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>

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 25.01.2024, protocol No. 7.

Responsible for the layout:
Lytvynenko N.I.,
Romanova O. G.

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

Banzak G.V., Leschenko O.I., Koval M.O. Optimization method for the strategy of regulated maintenance of military equipment	7
Lienkov L.V., Banzak O.V., Sieliukov O.V., Zherebtsova L.N. Model of physical processes in the primary and secondary converters of the detector for radiation monitoring systems	16
Бєльська О.А., Черних Ю.О. Інтегральна інформаційно-обчислювальна система, що забезпечує технічне обслуговування за станом силових газотурбінних установок	26
Богданович В.Ю., Муженко В.М., Цибізов А.Л. Протидія негативним тенденціям воєнно-політичної обстановки, спрямованим на зміну політичного режиму у вибраній країні-мішені	39
Георгадзе О.А., Петров В.А. Часткова методика оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу	47
Єфіменко А.Є, Попов С.А., Размазінін О.П., Стоянова-Коваль С.С., Сокур Н.В. Особливості сучасної кадрової політики у Збройних силах України	55
Кошовий М.Д., Кураксін Д.В. Дослідження ефективності методу мурашиних колоній при оптимізації планів багатofакторних експериментів	61

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Гаховіч С. В., Жиров Г.Б. Керований комутатор цифрових і аналогових сигналів	68
Лєнков С.В., Джулій В.М., Муляр І.В, Кубявка М.Б. Функціональна модель класифікації псевдовипадкових послідовностей зашифрованих та стислих даних запобіганню витоку конфіденційної інформації	74
Семчак О.М., Максименко Ю.А., Маміч В.В., Шаршаткін Д. Ю., Душкін Ю.Г. Реалізація моделі гри з двостороннім підслідкуванням для випадку фналізу різнорозмірних даних	89
Дані про авторів	95
Алфавітний покажчик	97
Редакційна політика та етичні норми	98
Порядок подання і оформлення статей до "Збірника наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка"	100

CONTENTS

MILITARY EQUIPMENT AND TWO-DESTINATION TECHNOLOGIES

Banzak G.V., Leschenko O. I., Koval M.O. Optimization method for the strategy of regulated maintenance of military equipment	7
Lienkov S.V., Banzak O.V., Sieliukov O.V., Zherebtsova L.N. Model of physical processes in the primary and secondary converters of the detector for radiation monitoring systems	16
Belska O.A., Chernykh Y.O. Integrated information and computer system, what maintenance provides power gas turbine plants by condition	26
Bogdanovych V.Yu., Muzhenko V.M., Tsybizov A.L. Counteraction to the negative tendencies of the military –political situation, directed to the change of political regime in the chosen country-target	39
Heorhadze O.A., Petrov V.A. Partial methodology for assessing the level of fire training competences of citizens of Ukraine who are training under the training program for reserve officers	47
Iefimenko A., Popov S.A., Rozmaznin O.P, Stoyanova-Koval S.S, Sokur N.V. Features of the modern personnel policy in the Armed Forces of Ukraine	55
Koshovyi M. D., Kuraksin D.V. Study of the efficiency of the ant colonies method in study optimizing plans of multifactor experiments	61
INFORMATION TECHNOLOGIES	
Гахович С.В., Жиров Г.Б. Керований комутатор цифрових і аналогових сигналів	68
Lienkov S.V., Dzhuliy V.M., Mulyar I.V., Kubiavka M.B. Functional model of classification of pseudo-random sequences of encrypted and compressed data prevention of leakage of confidential information	74
Semchak O.M., Maksimenko Y.A., Mamich V.V., Sharshatkin D.Y., Dushkin Y.G. Implementation of the analysis of the game model with two-sided tracking for the case of various dimensional data	89
Data on Authors	95
Alphabetical Index	97
Editorial policy and ethical standard	98
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 "	100

OPTIMIZATION METHOD FOR THE STRATEGY OF REGULATED MAINTENANCE OF MILITARY EQUIPMENT

Annotation. Complex technical objects in modern society are extremely important. Such objects belong to the class of recoverable objects of long-term multiple used. They tend to be expensive and require significant maintenance costs. To ensure the required level of reliability 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) of different types components that have different levels of reliability, different patterns of their wear and aging processes. This feature requires a more subtle approach to the organization and planning of maintenance during operation (military equipment).

The problem is that when developing such objects of military equipment, all issues related to maintainability and maintenance should be addressed already at the early stages of designing an object. If you do not provide in advance the necessary hardware and software for the built-in monitoring of the technical condition (TC) of the object, do not develop and “embed” the maintenance technology into the object, then it will not be possible to realize in the future a possible gain in the reliability of the object due to the maintenance. Since all these issues must be resolved at the stage of creating an object (when the object does not yet exist), mathematical models of the maintenance process are needed, with the help of which it would be possible to calculate the possible gain in the level of reliability the object due to maintenance, to estimate the cost costs required for this. Then, based on such calculations, make a decision on the need for maintenance for this type of objects and, if such a decision is made, develop the structure of the maintenance system, choose the most appropriate maintenance strategy, and determine its optimal parameters.

In this paper, we develop a methodology for optimizing the parameters of the strategy for regulated maintenance of military equipment.

The paper also confirms the general idea that the data obtained fully confirm assumption that the “adaptive maintenance” strategy is more preferable in the case of unreliable (inaccurate) information about the reliability indicators of the object’s elements.

Keywords: *maintenance, object of military equipment, regulated maintenance of military equipment, costs for the cost military equipment*

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

The objects under consideration belong to the class of repairable objects for long-term repeated use, and during their operation, maintenance is usually carried out to maintain the required level of reliability. Maintenance (MS) is understood as “a set of operations or an operation to maintain the operability or operability of an object when it is used for its intended purpose, simple, stored and transported” [1,2]. Also, when used as intended, only MS will be considered.

During operation, an object at any time can be in one of the following states: serviceable, operable, inoperable.

The object can be used for its intended purpose only in good or good condition. Restoration of a working or working condition is carried out at the expense of current repairs. The MS is usually carried out only when the object is in working order. If by the time of the start of maintenance (or in the process of maintenance) there was a complete failure, then the object is first restored, and then maintenance is carried out.

The essence of MS is to prevent some part of failures by replacing individual elements, cleaning, lubricating, adjusting, etc. (which is why MS is often called prevention). In modern technical facilities, in the vast majority of cases, maintenance is reduced to the replacement of elements (liquids, oils, etc.) that are in a pre-order state.

Analysis of the recent research. Currently, there is a decrease in the number of scientific publications devoted to the operation of complex technical objects. One of the reasons for this, in our opinion, is a sharp increase in the level of integration and reliability of components. Thanks to this, developers of complex equipment have been able to solve the problems of ensuring the required level of reliability without significant maintenance costs (or no maintenance at all). However, for the same reason (high integration and reliability of components), it became possible to implement more and more complex equipment with new functions, which was impossible with the old element base. This again objectively leads to reliability problems and, therefore, the question of need for maintenance and the choice of optimal strategy for its implementation again becomes relevant.

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, or it is possible to take into account only some of the simplest structures [3, 4]. In [5, 6], a comparative analysis of the problems that arise when solving maintenance problems "by resource" and "by state" is carried out. An overview of the latest work in the field of maintenance and repair of complex systems at that time. In [7], a theoretical generalization of known mathematical models of MS processes was made. However, these models do not allow one to construct a methodology suitable for practical use on their basis.

Main part. The problem of optimizing the parameters of regulated maintenance strategy, taking into account the determination of parameters, can be formally represented as follows:

$$T_0(\langle E_{\tau_0 j}^*, T_{\tau_0 j}^* \rangle; j = \overline{1, N_{\tau_0}^*}) \geq T_0^{\text{TP}}; \quad 1)$$

$$C_{\text{yA}}(\langle E_{\tau_0 j}^*, T_{\tau_0 j}^* \rangle; j = \overline{1, N_{\tau_0}^*}) \rightarrow \min, \quad 2)$$

where $N_{\tau_0}^*$ - is the optimal number of MS types;

$E_{\tau_0 j}^*$ and $T_{\tau_0 j}^*$ - optimal volume (a set of serviced elements) and the frequency of maintenance of j -th type.

The initial information for solving the problem is:

E_{τ_0} - set of potentially serviced elements of the given object;

T_0^{TP} - specified required value of the mean time between failures, which must be ensured by carrying out maintenance.

Problem solving technology

To solve the problem, as before, it is necessary to create a database (DB) and, using the ISMPN program, enter into it all the necessary data about the object for which the problem is being solved. Determine for the object a set of potentially serviceable elements E_{τ_0} .

To include elements in a set E_{τ_0} , you need to open the database (run ISMPN program in the Database mode), select the required element in the structural structure tree, and then enter the "in" attribute for this element in PW column of the table.

To enter the parameters of types maintenance, it is necessary in Database mode to open the tab Parameters of service stations and maintenance systems (Fig. 1).

In the table of parameters types maintenance, enter the following data:

- name of the type maintenance;
- frequency of maintenance $T_{to j}$ (indicative value, since its optimal value has not yet been determined);
- duration of diagnosis during maintenance T_{dj} ;
- cost of diagnosing during maintenance C_{dj} .

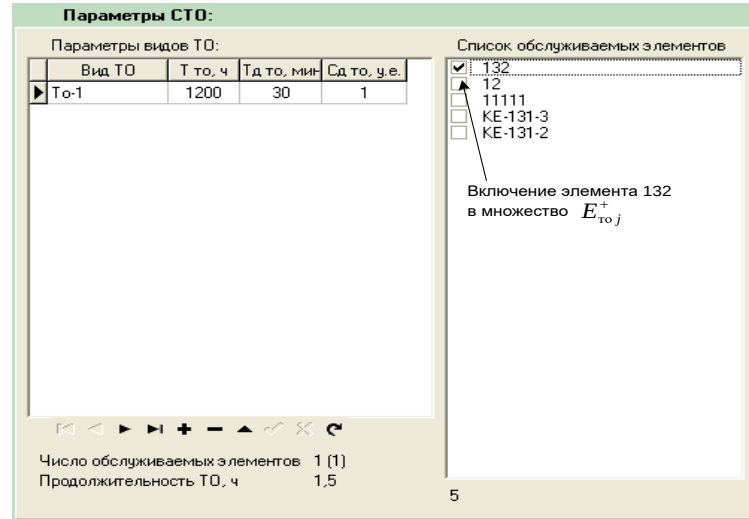


Figure 1 - Entering the parameters of maintenance T_{to1}^+ types MS-1

Then, in the list of serviced elements for the selected type $T_{to j}^{(k)}$ of MS, set (by mouse click) the switch to the on state for all elements that are included in the subset $T_{to j}^*$ (Fig. 1).

At the first step, one type of MS is introduced and one element is selected, which is included in the set.

The search for a conditionally optimal value $C_{уд}^{(k)}$, $T_0^{(k)}$ and $K_{ти}^{(k)}$ of the frequency of maintenance is performed in the mode Research MS | Regulated Maintenance. After opening this mode $T_{to}^{(k)} \geq T_0^{тр}$, you must do the following:

- set the parameters for varying the frequency of maintenance (initial and final values, interval);
- choose the type of maintenance, frequency of which will vary;
- click the Start button.

On fig. 2 shows PC screen after the calculation is completed.

To the right of the graphs, the value of the optimal frequency obtained in the current step is displayed, as well as the values $T_{to j}^{(k)}$ of the indicators, $C_{уд}^{(k)}$, $T_0^{(k)}$ and $K_{ти}^{(k)}$, obtained with the frequency of maintenance $T_{to j}^{(k)}$.

This completes the execution of the current (k-th) step, in which a conditionally optimal solution is obtained:

$$STO_R^{(k)} = \left\{ \langle E_{to1}^*, T_{to1}^* \rangle, \dots, \langle E_{to j-1}^*, T_{to j-1}^* \rangle, \langle E_{to j}^{(k)}, T_{to j}^{(k)} \rangle \right\}.$$

If the received value $T_0^{(k)}$ does not satisfy the requirement $T_0^{(k)} \geq T_0^{\text{tp}}$, the next step is performed. In the set $E_{\text{to}j}^{(k)}$, you need to add the next element E_{to} from . To do this, switch to the Database mode and select the next element in the list of serviced elements for the current maintenance type (by turning on the switch, as shown in Fig. 1).

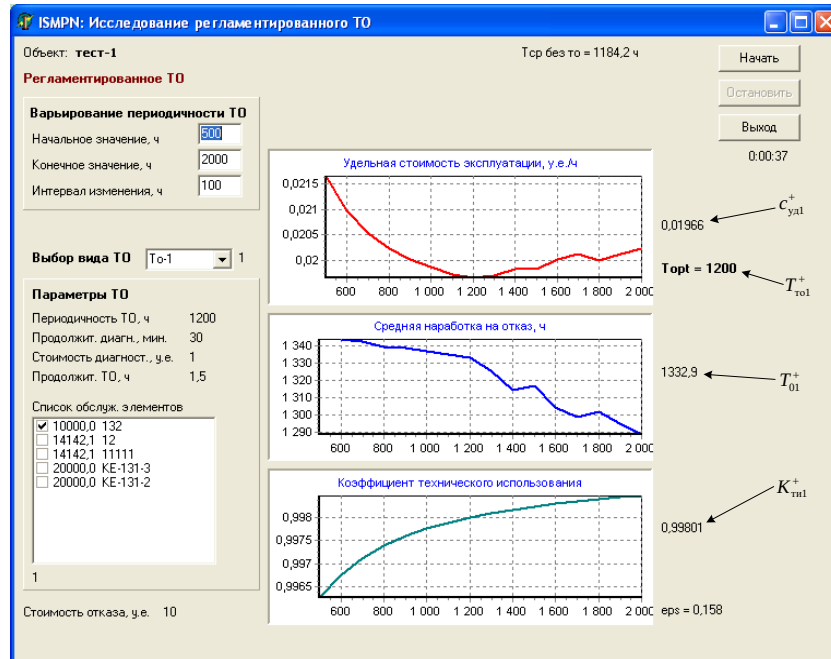


Figure 2 - Completion of the search for optimal frequency of maintenance $T_{\text{to}1}^+$ for the type of MS-1

When moving to the next type of MS, the frequency value $T_{\text{to}j}^{(k)}$ obtained in the last step must be entered into the table as the found optimal value $T_{\text{to}j}^*$.

After that, switch back to the Maintenance Research | Scheduled maintenance and re-calculate to determine the optimal frequency and the corresponding values $T_{\text{to}j}^{(k)}$ of the indicators, $c_{\text{уд}}^{(k)}$, $T_0^{(k)}$ and $K_{\text{ти}}^{(k)}$.

Repeat the calculations until the condition is met. Take the decision obtained in the last step as a solution $T_{\text{to}}^{(k)} \geq T_0^{\text{tp}}$ to the problem.

Below is a specific example of solving the problem.

An example of the application of the technique.

For example, we use the Test-1 test object, the data on which was given above. Next, we will make calculations in accordance with the technology described above.

At the 1st step, we set the set $E_{\text{to}1}^{(1)} = \{132\}$. As a result of calculations at the 1st step, we obtain a conditionally optimal value of the periodicity of MS $T_{\text{to}1}^{(1)} = 1300$ hours. In this case, the following values of indicators are obtained (Fig. 3):

$$c_{\text{уд}}^{(1)} = 0,01964 \text{ c.u./h}; \quad T_0^{(1)} = 1335 \text{ h.}; \quad \text{and} \quad K_{\text{ти}}^{(1)} = 0,99801.$$

At the 2nd step, we include the next element in the set $E_{\text{to}1}^{(1)}$, after which we get the set $E_{\text{to}1}^{(2)} = \{132, 12\}$ (Fig. 4).

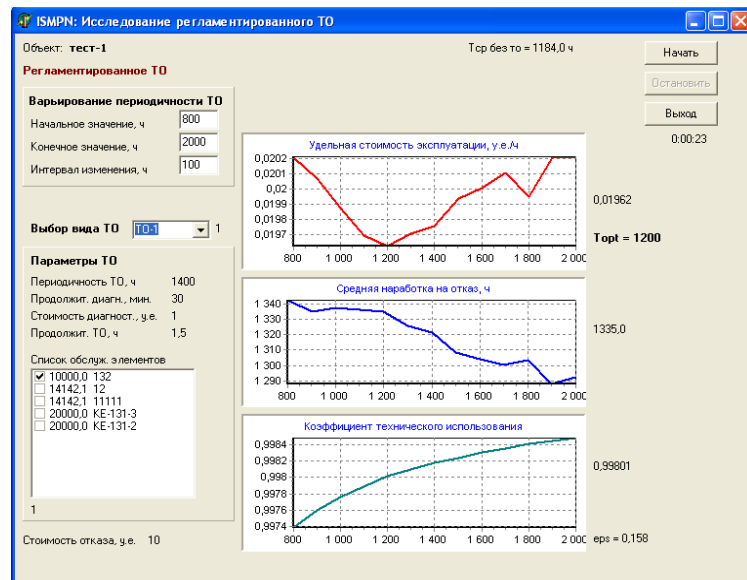


Figure 3 - Completion of calculations at 1-st step of the search (object Test-1)

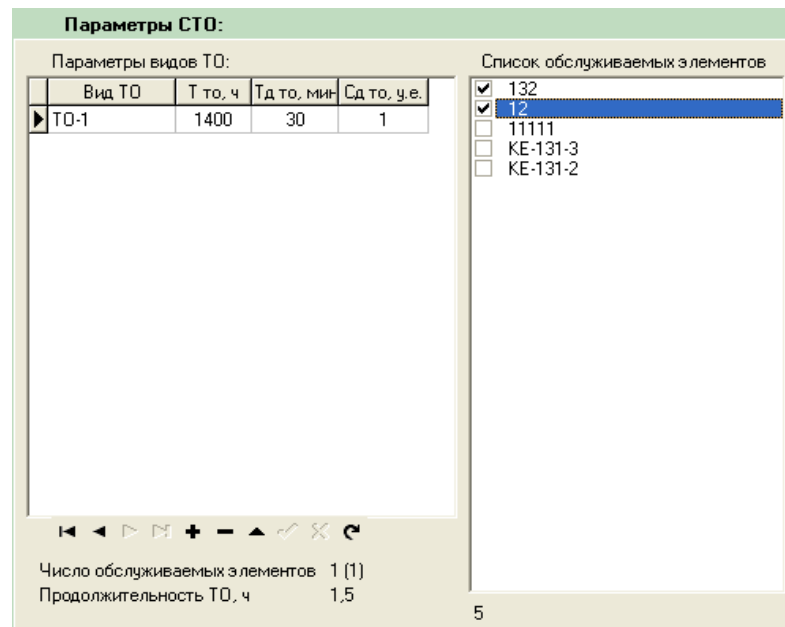


Figure 4 - Inclusion in the set of second element (object Test-1)

Further, in a similar way, we will make calculations for one type of MS with inclusion in all elements $E_{то}$ from $E_{то1}^{(k)}$. The calculation results are summarized in Table 1.

Table 1

Calculation results of conditionally optimal parameters of regulated maintenance
(object Test-1)

Step number k	Maintenance type number j	Conditionally optimal parameters $\langle E_{\text{to } j}^{(k)}, T_{\text{to } j}^{(k)} \rangle$		Values of indicators obtained with conditionally optimal parameters $\mathbf{STO}_R^{(k)}$			
		$E_{\text{to } j}^{(k)}$	$T_{\text{to } j}^{(k)}$, h	$T_0^{(k)}$, h	$C_{\text{yd}}^{(k)}$, c.u./h	$K_{\text{ти}}^{(k)}$	ε
1	1	{132}	1 300	1 335	0,0 1962	0,9 9801	0, 158
2	1	{132,12}	1 300	1 465	0,0 1827	0,9 9741	0, 170
3	1	{132,12, 11111}	1 400	1 609	0,0 1695	0,9 9689	0, 184
4	1	{132,12, 11111, 131-1}	1 400	1 756	0,0 1657	0,9 9623	0, 190
5	1	{132,12, 11111, 131- 1,131-2}	1 400	1 932	0,0 1619	0,9 9557	0, 196

The presented results provide comprehensive information on the possibilities of improving the reliability of the object Test-1 due to regulated maintenance.

So, if, for example, the required value of the mean time between failures is set equal to $T_0^{\text{rp}} = 1500$ h, then the optimal solution is 1 type of maintenance with the parameters:

$$\mathbf{STO}_R^* = \langle \{132,12,11111\}, 1400\text{h} \rangle.$$

This results in the following values:

$$C_{\text{yd}}^* = 0,01695 \text{ c.u./h}; T_0^* = 1609 \text{ h}; \text{ and } K_{\text{ти}}^* = 0,99689.$$

Based on the results obtained, the following conclusions can be drawn:

1. The MS strategy is considered the best if the graph of the function T_0^+ is higher (for the function C_{yd}^+ - lower) in relation to the corresponding graph for the compared strategy. The maintenance strategy that is best in terms of T_0^+ , as a rule, is also the best in terms of C_{yd}^+ and vice versa.

2. The effectiveness of various maintenance $\mathbf{STO}^*$ strategies significantly depends on the reliability T_0 and C_{yd} cost structure of the object T_{cpi} . If the distribution of the cost of repairable (including serviceable) elements is closely correlated with the distribution of their reliability indicators, the difference in the effectiveness of various maintenance strategies is reduced. This is clearly seen in the example of Test-2 object, for which the least reliable elements are also the most expensive.

We will also calculate the indicators for test objects in the case when the average time to failure of all recoverable elements is 2 times less compared to the indicators for which the parameters of the optimal maintenance strategy were calculated.

Obviously, the indicators obtained in this case T_0' and C_{yd}' should be worse than the indicators T_0 and C_{yd} obtained with the initial values of T_{cpi} . Tables 2 and 3 show the values of the coefficients

of relative losses in the level of reliability δ_{T_0} and in the specific cost of operation $\delta_{C_{ya}}$, which were determined by the formulas:

$$\delta_{T_0} = \frac{T_0 - T'_0}{T_0} \cdot 100; \quad \delta_{C_{ya}} = \frac{c'_{ya} - c_{ya}}{c_{ya}} \cdot 100,$$

where T_0 (c_{ya}) - is the mean time between failures (specific cost of operation) obtained under optimal parameters **STO***, provided that the indicators T_{cpi} correspond to the values specified for test objects in test cases;

T'_0 (c'_{ya}) - same indicators obtained with optimal parameters **STO***, but under the condition that the indicators T_{cpi} in the initial data are reduced by 2 times.

Table 2

Relative loss ratio of reliability level δ_{T_0} (in %)

Maintenance strategy	Technical object			
	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4
MS by condition	52	53	67	79
Adaptive MS	49	49	63	56
MS on resource	55	59	69	82

Table 3

Relative loss ratio of unit cost operations $\delta_{C_{ya}}$ (in %)

Maintenance strategy	Technical object			
	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4
MS by condition	110	144	187	192
Adaptive MS	98	100	167	117
MS on resource	121	712	185	166

In Fig. 5 and 6 these same coefficients are shown in the form of graphs.

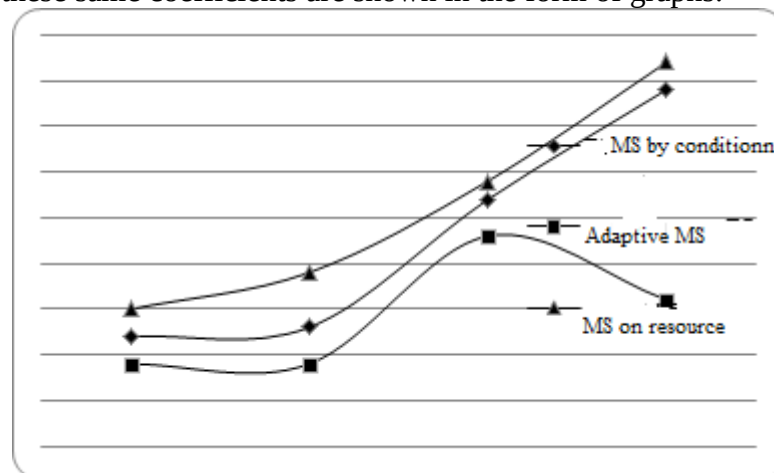


Figure 5 – Relative loss coefficient of the reliability level δ_{T_0} , %

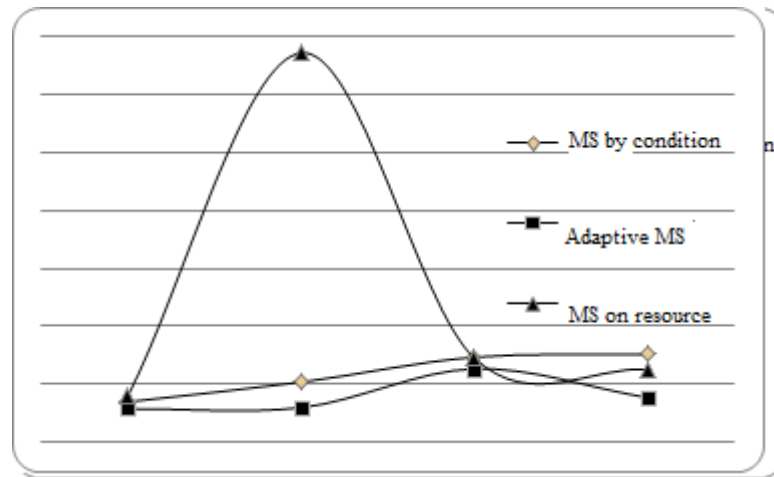


Figure 6 - The coefficient of relative losses of the unit cost operation $\delta_{C_{ya}}$, %

The data obtained fully confirm the assumption that the “adaptive maintenance” strategy is more preferable in the case of unreliable (inaccurate) information about the reliability indicators of the object elements.

The value of the loss factor $\delta_{C_{ya}} = 712\%$ obtained for the Test-4 object is not an accidental outlier or error. Such large losses in the unit cost with “MS by resource” are explained by the high cost of the least reliable elements of the Test-4 object. This result is an additional confirmation of the critical sensitivity of the optimal parameters resource maintenance strategy in the case of unreliability initial data on the reliability of object.

REFERENCES:

1. Sergey Lienkov, 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, Issue6, June, 1287-1299.
3. Lirong Cui, Yan Li, Jingyuan Shen, Cong Lin (2016) Reliability for discrete state systems with cyclic missions periods. Applied Mathematical Modtlling, Volumt 40, Issues 23-24, December, 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, 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, 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. 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. 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. 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. 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. 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, 1160-1165.

к.т.н., Банзак Г.В., к.т.н., Лещенко О.І., д.філос., Коваль М.О.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ СТРАТЕГІЇ РЕГЛАМЕНТОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. Складні технічні об'єкти у суспільстві мають виключно важливе значення. Такі об'єкти належать до класу відновлюваних об'єктів 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).

Проблема полягає в тому, що при розробці таких об'єктів військової техніки всі питання, пов'язані з ремонтпридатністю та технічним обслуговуванням, повинні вирішуватися вже на ранніх етапах проектування об'єкта. Якщо не передбачити заздалегідь необхідні апаратні та програмні засоби вбудованого контролю технічного стану (ТЗ) об'єкта, не розробити і не вбудувати в об'єкт технологію проведення ТО, то реалізувати в майбутньому можливий виграш у безвідмовності об'єкта за рахунок проведення ТО не вдасться. Оскільки всі ці питання повинні вирішуватися на етапі створення об'єкта (коли об'єкта ще немає), необхідні математичні моделі процесу ТО, за допомогою яких можна було б прорахувати можливий виграш у рівні безвідмовності об'єкта за рахунок проведення ТО, оцінити необхідні вартісні витрати. Потім на підставі таких розрахунків прийняти рішення про необхідність проведення ТО для цього типу об'єктів і, якщо таке рішення прийнято, розробити структуру системи ТО, вибрати найбільш прийнятну стратегію ТО, визначити її оптимальні параметри.

У роботі проводиться дослідження впливу коефіцієнта варіації на величину оптимального рівня технічного обслуговування.

Також у роботі підтверджується загальне міркування у тому, що менше величина коефіцієнта варіації випадкової напрацювання до відмови обслуговуваних елементів, то більшим має бути оптимальне значення рівня ТО.

Ключові слова: технічне обслуговування, об'єкт військової техніки, регламентоване обслуговування військової техніки, витрати на вартість військової техніки

MODEL OF PHYSICAL PROCESSES IN THE PRIMARY AND SECONDARY CONVERTERS OF THE DETECTOR FOR RADIATION MONITORING SYSTEMS

Annotation. The level of development and application radiations technologies is largely determined by the state of nuclear instrumentation. The advent of modern semiconductor sensors for the first time connected nuclear instrumentation and electronics into a single complex - semiconductor detector. It combines a semiconductor primary converter of ionizing radiation (sensor), secondary converter of information from the sensor (electronics) and software for processing this information, interconnected in terms of problem being solved and parameters.

The block diagram of the detector consists of two main parts: the primary converter of ionizing radiation (IR) energy into an electrical signal - sensor; secondary converter of this electrical signal.

The characteristics of the detector are determined mainly by the physical properties of the semiconductor crystal as the sensitive element of the primary transducer, as well as by the features of process recording the electrical signal.

The process of registering IR consists of converting a non-electrical quantity that characterizes it into an electrical signal. In other words, one type of energy is converted - IR energy - into another, more convenient for processing and storing information. A current or voltage pulse occurs in a radiation sensor directly as a result ionization of its active medium - a semiconductor; this pulse carries extensive information. First of all, it is correlated with the time of the nuclear process. In addition, the pulse marks fact that radiation is emitted within the solid angle at which sensor is visible from the source. Pulse amplitude often serves as a measure of the energy loss of radiation in the sensor. The pulse shape differs for different types of radiation, as well as for different areas and angles of radiation entering the sensor.

In this work, model of gamma radiation detector is created as a single system of primary and secondary converters. It contains a physical analysis and analytical representation of the processes occurring in CdZnTe-sensor and electronic preamplifier. It is shown that the collection of charges in sensor varies over time, which leads to a scatter of signal pulses in duration and amplitude. In this regard, the model shows need to use a charge-sensitive pre-amplifier.

The main advantage of the model is the solution to problem of optimizing signal-to-noise ratio in the detector.

Key words: detector, primary and secondary converters, ionizing radiation energy, signal pulse spread, radiation monitoring systems

Introduction. The block diagram of the detector consists of two main parts: the primary converter of ionizing radiation (IR) energy into an electrical signal - sensor; secondary converter of this electrical signal.

The characteristics of the detector are determined mainly by the physical properties of the semiconductor crystal as the sensitive element of the primary transducer, as well as by the features of the process recording the electrical signal.

The process of registering IR consists of converting a non-electrical quantity that characterizes it into an electrical signal. In other words, one type of energy is converted - IR energy - into another, more convenient for processing and storing information. A current or voltage pulse occurs in a radiation sensor directly as a result of ionization of its active medium - a semiconductor; this pulse carries extensive information. First of all, it is correlated with the time of the nuclear process. In addition, the pulse marks the fact that radiation is emitted within the solid angle at which the sensor is visible from the source. Pulse amplitude often serves as a measure of the energy loss of radiation in the sensor. The pulse shape differs for different types of radiation, as well as for different areas and angles of radiation entering the sensor.

Most of the information transmitted by pulses is characterized by a continuous spectrum: a pulse can appear at any time with different amplitudes. In addition, electrical signals from the

detector generally arrive against a background of interference, which significantly reduces the reliability of the transmitted information. Interference can be caused by parasitic electrical signals (noise of circuit elements, external interference) or extraneous sources of IR. The reliability of measurements increases if the signals have qualities other than interference.

Main part. Analysis of initial parameters of the crystal.

A semiconductor material for use in ionizing radiation sensors must satisfy the previously stated conditions and be characterized by a set of the following functional qualities [1, 2, 3].

When interacting with photons, it should generate as many free charge carriers as possible. Their number is linearly proportional to the energy of the absorbed quantum, therefore, the lower the energy of formation of an electron-hole pair (the band gap of the crystal), the easier it is to register quanta of relatively low energy. In addition, and this is the main thing, with an increase in the number of generated charge carriers, its relative fluctuation decreases. This increases the accuracy of determining the energy of absorbed quanta of ionizing radiation.

To receive a signal in the external electrical circuit in which the sensor is connected, charge carriers must move quickly enough in the electric field of the crystal, and in order to obtain a signal linear in energy, energy losses on the way to the electrodes must be minimal (absent). In general, this means that it is necessary to ensure the highest mobility of both types of charge carriers (if they are collected unipolarly – mobility of electrons) and the minimum concentration of traps that capture carriers as they drift to the electrodes.

To register small signals, it is necessary to have minimal loss currents at sufficiently high voltages applied to the sensor. This means that the semiconductor material must be highly resistant. It must effectively absorb *X*-ray or gamma radiation quanta in a fairly small volume. Therefore, greater the density of the material and its atomic number *Z*, greater the absorption cross section on an individual atom and the ability of material to inhibit ionizing radiation as a whole. This quality is fundamental to ensure significant sensitivity of the sensor with a sufficiently small size. This quality plays a particularly important role in the case of high-energy gamma-ray spectrometry, since the efficiency of recording high-energy gamma quanta strongly depends on the thickness of the sensor and the properties of the active medium (the photoelectric cross section is proportional to Z^5).

The listed requirements apply both to the quality of sensor material and its design. In what follows, as a main example, we will consider a sensor based on single crystals of the CdZnTe solid solution.

Model of physical processes in the primary and secondary detector converters.

From a formal point of view, any sensor with electrical information collection can be considered as a current generator into an external recording circuit.

Block diagram of a semiconductor sensor and circuit diagram for connecting the preamplifier of the secondary converter, i.e. the entire detector are presented in figure 1.

Let us consider the processes occurring in the primary and secondary blocks of such a detector. When the energy of ionizing radiation is absorbed in *W* zone of the intrinsic semiconductor, electron-hole pairs are formed, which drift under the influence of an electric field between p- and n- contacts, inducing a charge pulse at the sensor electrodes (fig. 1 a). The zone width *W* is determined by the material thickness *L* and the applied voltage U_b . For CdZnTe, the charge carrier-free zone is determined by the properties of the material (table 1).

To ensure directional movement (drift) of charge carriers created by IR, a direct bias voltage is applied to the contacts of sensor *D* through load resistance R_v (fig. 1 b). The resulting pulsed voltage drop $U = \frac{Q}{C}$ in most cases is not proportional to the energy lost by γ -quantum. The difference

in the time of collection of charges leads to a scatter in the duration, and therefore in the amplitude of the pulses. In addition, the capacitance of the sensor itself does not remain constant. Therefore, in the detector circuit it is necessary to use a charge-sensitive pre-amplifier 1 (fig. 1 b).

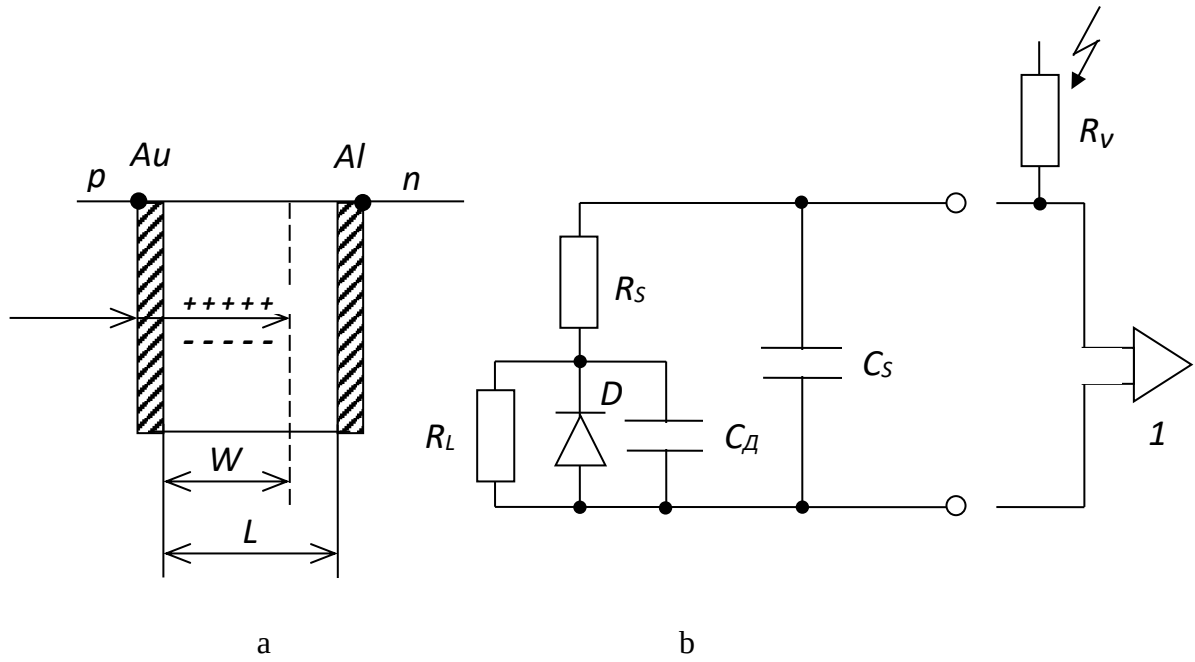


Figure 1 – Sensor structure (a) and equivalent circuit (b) for connecting a semiconductor detector: symbols are in the text

The equivalent circuit of a semiconductor sensor contains, in addition to the diode D itself, a depletion zone capacitance C_D , a parasitic capacitance C_s , a leakage resistance R_L and a “path” resistance R_s . The latter is a combination of output electrode resistances. The diode capacity also depends on the voltage and quality of the crystal. This dependence can be approximately represented in the form [4, 5]:

$$C_D = 21 \cdot 10^3 A (\rho U_b)^{-\frac{1}{2}}, \text{ pF}, \quad (1)$$

where A – is the sensor area, cm^2 ; ρ – resistivity of semiconductor material; U_b – blocking voltage.

The given dependence can be used in a comparative assessment of the sensor activation modes.

One of the important characteristics of the sensor is the level of parasitic signal components - noise that is not associated with the physical processes of interaction between the crystal and the IR. The noise level determines the minimum threshold for recording IR energy.

The conversion of the energy lost by the particle in the sensor into an electrical signal of the appropriate amplitude occurs with an accuracy characterized by the resolution of the system. The latter depends on many reasons, in particular on the properties of the amplifier. Indeed, since the amplitude of the signal generated by the semiconductor sensor is small, the distortion of the amplitude spectrum is caused, first of all, by modulation by noise pulses arising in it and in the resistances. Chaotically combining with useful signals, noise “blurs” the original amplitude spectrum. Noise amplitude distribution is Gaussian:

$$p(U) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(U_i - \bar{U})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

where σ^2 – is the dispersion or mean square deviation of the amplitude U_i from the average value $\bar{U}$.

Let us assume that all other reasons distorting the signal amplitude spectrum, compared to the influence of noise, are negligible and register monochromatic charged particles that leave all the energy in the sensor. In this case, the measured signal amplitude spectrum is also determined by expression (2). However, now $\bar{U}$ – is the average amplitude of the signal, and σ is determined by noise, and σ is equal to the root-mean-square noise $\sqrt{U_{uu}^2} = U_{uu}$ voltage. The width at half maximum of the curve is called resolution $\frac{1}{2}\Delta$ (FWHM). Substituting the value into equation (2) $p(U) = \frac{1}{2} p(\bar{U})$, it is easy to obtain $\frac{1}{2}\Delta = 2.36\sigma$. By measuring the resolution in energy units (in electron volts), it is possible to determine which part of the energy corresponds to the noise level converted to the input of a given amplifier [6, 7].

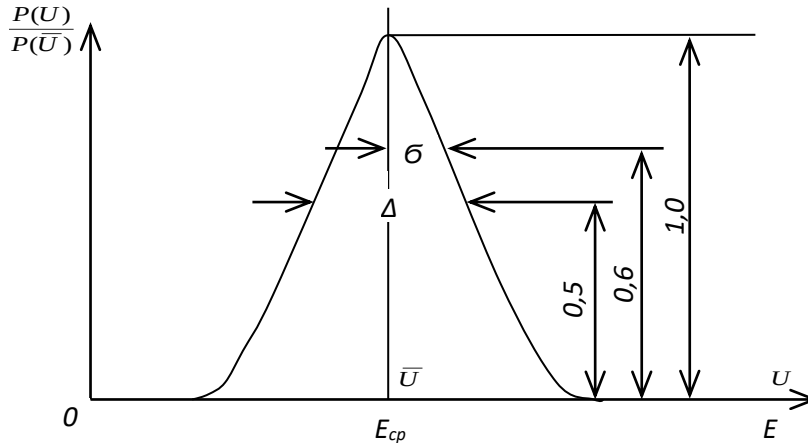


Figure 2 – Expansion of the energy line due to noise

The absolute value of C_d capacitance, as well as the parasitic capacitance C_s , largely determines the noise level, and with it the energy resolution of the charge-sensitive preamplifier. The current flowing through the leakage resistance R_L is another source of noise, which also degrades the energy resolution.

In order for subsequent detector devices to work – amplitude analyzer, discriminator, coincidence circuit – an amplifier with a high gain is required. Typically, an amplifier consists of two separate units: a preamplifier and a main amplifier. This separation is due to the desire to minimize the input capacitance C , which affects the resolution, while the preamplifier is located next to the sensor. The signal, amplified by first block to a level at which the noise of the subsequent amplifier has virtually no effect, is transmitted to the second block via a matched cable. Particular attention should be paid to obtaining a minimum of noise in the preamplifier [8, 9].

To analyze the noise, let's take a closer look at the equivalent circuit of the preamplifier. Noise, like a signal, can be expressed numerically in units of voltage, charge, or energy. With energy losses E , electron-hole pairs $N = \frac{E}{W_p}$ are formed, giving a charge Q on the total input capacitance C . If

$\tau_{bx} = RC$ it is large compared to the charge collection time, then the signal amplitude $U' = \frac{Q}{C}$. For

further consideration, we will take into account the action of the forming chains. As a result of passing through the differentiating and integrating circuits with $\tau_u = \tau_d = \tau$ (this case is often used in practice), the signal will decrease by factor of $e = 2.72$, i.e., it will be $U = \frac{Q}{C \cdot e}$. A similar reasoning

can be carried out for noise, only starting with voltage U_{uu} , then moving to charge $Q_{uu} = U_{uu} C \cdot e$, the number of charge carriers $N_{uu} = \frac{Q_{uu}}{q}$ and, finally, to the equivalent noise energy [8, 10]:

$$E_{uu} = \frac{U_{uu} C \cdot e \overline{W_p}}{q}.$$

Often, when assessing the noise properties of amplifiers, ratio is used signal to noise $\eta = \frac{U}{U_{uu}}$.

Knowing η and signal, it is not difficult to determine U_{uu} and $\frac{1}{2} \Delta$.

The spectral density of the parallel noise current is equal to:

$$\frac{i_p^2}{\Delta f} = 2qI + \left(\frac{4kT}{R_p} \right), \quad (3)$$

where I – is the sum (modulo) of all currents acting parallel to the sensor; R_p – resistance of all resistors connected in parallel with the sensor; Δf – fragment of the spectral characteristic; T – is absolute temperature.

This spectral density can be expressed by one equivalent noise resistance R_p , the value of which is determined by the relation:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{qI}{2kT} + \frac{1}{R_s}. \quad (4)$$

Parallel noise is frequency independent, but the voltage it creates at the input capacitance C , as well as the input signal, depends inversely on frequency:

$$\frac{\bar{u}_p^2}{\Delta f} = 4kT \frac{1}{R_p} \frac{1}{(\omega C)^2}. \quad (5)$$

Another source of noise in the input stage is determined by the input amplifier device and the principle of its amplification. For a field-effect transistor, the series equivalent noise resistance is equal to $R_s \approx \frac{1}{S}$, where S – is slope of the transistor input characteristic. The intensity of the serial noise is also frequency independent and is:

$$\frac{\bar{u}_s^2}{\Delta f} = 4kTR_s. \quad (6)$$

In some cases, especially when recording X-ray radiation, the noise component of type transistors $\frac{1}{f}$ plays a significant role. This noise can be determined by the formula:

$$\frac{\bar{u}_s^2}{\Delta f} = \frac{A_f}{f^\alpha}, \quad (7)$$

where A_f – is a constant coefficient depending on the transistor manufacturing technology;
 $\alpha \approx 1$.

The total noise voltage of the noise sources at the amplifier input is equal to:

$$\overline{U_{uu}^2} = (4kT \frac{1}{R_p} \frac{1}{\omega^2 C^2} + 4kTR_s + \frac{A_f}{f}) \Delta f = N(\omega) \Delta f, \quad (8)$$

where $N(\omega)$ – is the spectral density of input noise; Δf – narrow differential frequency bandwidth $f = \frac{\omega}{2\pi}$.

In (8) $N(\omega)$ represents the spectral density of the input noise Δf – narrow differential bandwidth around frequency $f = \frac{\omega}{2\pi}$. Narrowband amplifiers are only suitable for amplifying sinusoidal signals. The frequency response $K(\omega)$ of spectrometric amplifiers extends from low to high frequencies and the noise level U_{uu} at the amplifier output is determined by the integral expression:

$$\overline{U_{uu}^2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{+\infty} |N(\omega)| |K(\omega)|^2 d\omega. \quad (9)$$

The limiting effect of the amplifier bandwidth $K(\omega)$ also affects the signal shape. The dependence of the amplifier output signal on time can be determined using the inverse Fourier transform formula:

$$S_2(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(\omega) K(\omega) e^{j\omega t} d\omega.$$

Selecting the best frequency response of the spectrometric path in order to obtain the maximum signal-to-noise ratio is the essence of optimal filtering [11].

The purpose of a spectrometric amplifier is undistorted transmission and amplification of the amplitude of the input signal, and not its shape or rising edge. Consequently, with the appropriate circuits it is necessary to select such a form of the frequency response amplifiers, in which the main frequency spectrum of the signal passes through, but the noise spectrum is maximally limited.

According to this theory, the square of the maximum possible signal-to-noise ratio is [12]:

$$(\eta_{\text{max}}^\infty)^2 = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{U^2(\omega)}{U_{uu}^2(\omega)} d\omega,$$

where $U(\omega)$ and $U_{uu}(\omega)$ – are the spectrum of signal and noise at the amplifier input, respectively.

It has been shown theoretically that the maximum signal-to-noise ratio in this case is achieved at equal integration and differentiation time constants $\tau_{CR} = \tau_{RC} = \tau$. In this case, the noise level is minimal at some optimal time constant τ_0 :

$$\tau_0 = C \sqrt{R_S R_P}. \quad (10)$$

Then the noise level at output of the amplifier is determined by the integral expression:

$$\overline{U_{uu}^2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty N(\omega) \frac{\omega^2 \tau^2}{(1 + \omega^2 \tau^2)^2} d\omega = 4kT \frac{R_S}{8\tau} + \frac{4kT\tau}{8C^2 R_P} + \frac{A_f}{2}. \quad (11)$$

As can be seen from (11), series noise depends inversely, parallel noise depends proportionally, and type noise $\frac{1}{f}$ does not depend at all on τ . The minimum value of noise at $\tau = \tau_0$ is equal to $\overline{U_{uu}^2} = \frac{kT}{C} \sqrt{\frac{R_S}{R_P}}$ (ignoring type noise $\frac{1}{f}$). Considering that during CR-RC formation amplitude of the output signal does not depend on τ , the minimum noise corresponds to the maximum signal-to-noise ratio:

$$\eta_{\text{max}}^{RC} = \frac{S_{2\text{max}}}{U_{uu}^{\text{min}}} = \left(\frac{2}{e}\right) \frac{Q}{\sqrt{4kTC}} \sqrt{\frac{R_P}{R_S}} = \left(\frac{2}{e}\right) \eta_\infty. \quad (12)$$

This formula shows ratio of amplitude output voltage to rms voltage of the output noise. The input signal to the spectrometer amplifier represents charge Q or energy E deposited by the ionizing radiation in the sensor, so in practice it is common to express the noise level also in units of charge or energy. Taking $\eta_{\text{max}}^{RC} = 1$, we find the equivalent root-mean-square noise charge for CR-RC formation:

$$\sigma_q^{RC} = \left(\frac{e}{2}\right) \sqrt{4kTC} \sqrt{\frac{R_S}{R_P}} = 1,36 \sigma_q, \quad (13)$$

where σ_q is the minimum possible noise charge.

In foreign literature, the root-mean-square noise charge is designated ENC – Equipment Noise Charge [14, 15]. In formula (13), the coefficient $\frac{e}{2} = 1,36$ was deliberately highlighted.

In spectrometric practice, to evaluate amplifier noise, they often use not the standard deviation σ_E , but the distribution width at the level of 0.5 of the maximum value. This value in the domestic literature is called energy resolution:

$$\frac{1}{2} \Delta_E = 2,35 \sigma_E. \quad (14)$$

In practice, another way of expressing the noise properties of spectrometric amplifiers is widely used – in the form of the dependence of the energy resolution (or equivalent noise charge) on the external capacitance at the amplifier input C . Indeed, the total noise contribution to the energy resolution can be approximately represented in the form of two terms:

$$\Delta_E = \sqrt{\varepsilon^2 (C_{\text{H.T.}}^2 \frac{R_S}{\tau}) + \varepsilon^2 \frac{R_S}{\tau} C_{\text{H}}^2} \approx (\Delta_E)_0 + \varepsilon \sqrt{\frac{R_S}{\tau}} C_{\text{H}}. \quad (15)$$

The first term $(\Delta_E)_0$ does not depend on the external capacitance and represents the initial noise contribution of the amplifier at zero sensor capacitance; it is determined by parallel and partially series noise. The second term increases as the sensor capacitance increases. Its multiplier represents the slope of the dependence of the noise characteristic on the external capacitance. This term is determined only by the series noise of the amplifier. This visual (albeit somewhat simplified) representation of the noise properties of amplifiers is valid not only for the considered CR-RC

formation, but also for any shaper. In this case, the nature of the dependences of the initial noise and the slope of the noise characteristic on R_S, R_P and τ (pulse duration) is preserved. However, quantitatively these parameters will be included in the general formula (8) with other coefficients.

Let's consider the shape of the output signal with optimal shaping. It is known that the frequency response of an amplifier with optimal shaping can be represented as the result of the action of two linear filters $\Phi_1(\omega)$ and $\Phi_2(\omega)$. In this case, linear filter converts the noise so that at filter $\Phi_1(\omega)$ output it becomes white, i.e. with a uniform spectrum:

$$|\Phi_1(\omega)|^2 = \frac{1}{U_{uu}^2(\omega)} = \frac{\omega^2 C^2}{4kTR_S \omega^2 C^2 + 2qI_c + C_{\mathcal{D}}} . \quad (16)$$

This expression is identical to the frequency response differentiating with the time constant $\tau = C \sqrt{\frac{4kTR_S}{2qI_c + C_{\mathcal{D}}}}$, i.e. equal to the optimal time constant τ_{onm} for simple shaping. The signal after passing through $\Phi_1(\omega)$ will take the form:

$$U'(t) = \frac{Q}{C} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{onm}}} . \quad (17)$$

Thus, the input of the second filter $\Phi_2(\omega)$ will receive a modified signal $U'(t)$ and white noise. As a result $\Phi_2(\omega) = U'(\omega) e^{-j\omega t_M}$, i.e. amplitude-frequency response of the filter repeats (in absolute value) the spectrum of the signal $U'(\omega)$ supplied to it. The multiplier $e^{-\frac{t}{\tau_{onm}}}$ means that there is a delay in the filter for a time t_M equal to the duration of the input pulse. At this moment, the amplitude measurement occurs, since it is at this moment that the output signal reaches its maximum. In this case, the pulse is infinite and t_M is determined by the maximum permissible delay of the moment of amplitude measurement.

The frequency characteristics uniquely determine the transient characteristics of the filters $\Phi_1(\omega)$ and $\Phi_2(\omega)$, consequently, the entire amplifier. The transient response of the first filter coincides with the waveform $U'(t)$ at the input of the other filter. Transition response of the second filter $H_2(t) = \int_0^\infty h_2(t) dt$, where $h_2(t)$ – is the impulse response to a unit δ -function, equal to the mirror image of the signal $U'(t)$.

In the case of simple RC - RC shaping, the maximum voltage $t_M = \tau_{onm}$ corresponds to , so it is interesting to know what the optimal shaping gives for the same t_M :

$$\eta_{\text{макс}}^t = \sqrt{1 - e^{-2}} \eta_{\text{макс}}^\infty = 0,93 \eta_{\text{макс}}^\infty . \quad (18)$$

It is known that $\eta_{\text{макс}}^t = 0,74 \eta_{\text{макс}}^\infty$. Therefore, the gain, compared to simple formation is 26%.

The presented model of the primary converter allows, taking into account the real properties of the crystal, to calculate the dependence of the energy equivalent noise on the time constant of the input stage of the preamplifier.

Conclusions

1. In this work, a model of the primary transducer - gamma radiation sensor - has been created. It is based on the following properties of the semiconductor crystal: maximum quantum efficiency; maximum mobility of charge carriers; minimum density of structural defects; maximum resistivity and density values. The combination of these properties provides significant sensitivity of the sensor with minimal crystal dimensions. The inconsistency of such a combination must be eliminated both during the manufacturing process of the crystal (for example, a high-resistivity crystal can be obtained by simultaneous use of purification, components and compensatory doping) and subsequent processing by the methods proposed in this work (thermal field method, ionization annealing).

Among the known materials for gamma radiation sensors, single crystals of $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Te}$ solid solutions have the optimal combination of the above properties and the possibilities for their production.

2. The model of the primary converter (sensor) allows you to calculate the dependence of the energy equivalent of noise δ_E on the properties of input stage preamplifiers, taking into account the real properties of the crystal. It is shown that:

- increasing the crystal volume, bias voltage and sensor capacitance increases the noise level;
- results of the analysis in relation to CdZnTe -crystals used in this work indicate the possibility of operating the sensor without cooling.

REFERENCTS:

1. Vavilov V.S. Effect of radiation on semiconductors / V.S. Vavilov, N.P. Kekelidze, L.S. Smirnov. - Moscow: Nauka, 1988. -- 192 p.
2. Lenkov S.V. Physical and technical foundations of radiation technology of semiconductors / S.V. Lenkov, V.A. Mokritsky, D.A. Peregudov, G.T. Tarielashvili. - Monograph. - Odessa: Astroprint, 2002. -- 297 p.
3. Garkavenko A.S. Radiation modification of the physical properties of wide-gap semiconductors and the creation of high-power lasers on their basis / Lvov: ZUKTs, 2012. - 258 p.
4. Banzak O.V. New generation semiconductor detectors for radiation monitoring and dosimetry of ionizing radiation / O.V. Banzak, O.V. Maslov, V.A. Mokritsky: Ed. V.A. Mokritsky, O.V. Maslov. - Monograph. - Odessa, 2013. - Publishing house "VMV". - 220 p.
5. Bouchet J.M. PWR primary flow measurements by correlation analysis of nitrogen-16 fluctuations / J.M. Bouchet, et al. - Progress in Nuclear Energy. - 1982. - Vol. 9.
6. Awadalla S.A. Characterization of detector-grade CdZnTe crystals grown by traveling heater method (THM) / S.A. Awadalla, J. Mackenzie, H. Chen, eds. // Journal of Crystal Growth. - Vol. 312, issue 4. - 2010. - 507-513c.
7. Grybos P. Front-end Electronics for Multichannel Semiconductor Detector Systems; EuCARD Editorial Series on Accelerator Science and Technology, Vol.08 / Institute of Electronic Systems Warsaw University of Technology. - Warsaw: 2010. - 201 p.
8. Dumitrescu A. Comparison of a digital and an analogical gamma spectrometer at low count rates / A. Dumitrescu // U.P.B. Sci. Bull., Series A. - Vol. 73. - Iss. 4, 2011. - P. 127-138.
9. Maslov O. Passive Computer Gamma- Tomography of Nuclear Fuel / O. Maslov, V. Mokritsky, O. Banzak, // ANIMMA. Third International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications - Marseille, June 23-27, 2013. - Book of Abstracts - P. 51.
10. Maslov O.V. The Improved CdZnTe Dose Rate Probe / O.V. Maslov, M.V. Maksimov, L.L. Kalnev // 2008 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and 16th Room Temperature Semiconductor Detector Workshop - Dresden: 19-25 Oct. 2008. - P. 12-87.
11. Maslov O. Multiple energies passive computer tomography of nuclear fuel / O. Maslov // Proceedings of the International Ukrainian-Japanese Conference on Scientific and Industrial Cooperation - Odesa 24 - 25 October 2013. - P. 114-116.
12. Masuruk K. Dopant incorporation during liquid phase epitaxy / K. Masuruk, T. Bryskewicz // J. Appl. Phys., 1981. - V. 52. - N3. - part 1. - P. 1347-1350.
13. Mokritsky V.A. Methods and means controls of nuclear materials and state of protective barriers at nuclear power plants / V.A. Mokritsky, O.V. Maslov, O.V. Banzak // Collection of scientific works of the

Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. - К.: МІКНУ, 2019. - № 63. - С. 66 – 72.

14. Mokritsky V.A. The detector on basis of CdZnTe-gauge for systems radiating-technological control / V.A. Mokritsky, O.V. Maslov, O.V. Banzak // Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. - К.: МІКНУ, 2018. - № 58. - С. 68 - 73.

15. Banzak O.V. Optimum operating mode of cdznte-sensors in the gamma radiation dosimeter / O.V. Banzak, H.V. Banzak, A.A. Gaber // Sur les matériaux de la v conférence scientifique et pratique internationale «Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique» – Paris 21-23 June 2023. – P. 77 – 79.

д.т.н., проф. Ленков С.В., д.т.н., проф. Банзак О.В.,
д.т.н., проф. Селюков О.В., Жеребцова Л.М.

МОДЕЛЬ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПЕРВИННОМУ І ВТОРИННОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ДЕТЕКТОРА ДЛЯ СИСТЕМ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Рівень розвитку та застосування радіаційних технологій значною мірою визначається станом ядерного приладобудування. Поява сучасних напівпровідникових датчиків уперше пов'язала ядерне приладобудування та електроніку в єдиний комплекс – напівпровідниковий детектор. У ньому поєднуються взаємопов'язані за задачею, яка розв'язується та параметрами напівпровідникового первинного перетворювача іонізуючого випромінювання (датчик), вторинного перетворювача інформації від датчика (електроніка) та програмне забезпечення для обробки цієї інформації.

Структурна схема детектора і двох основних частин: первинного перетворювача енергії іонізуючого випромінювання (ІВ) в електричний сигнал – датчика; вторинного перетворювача цього електричного сигналу.

Характеристики детектора визначаються головним чином фізичними властивостями кристала напівпровідника як чутливого елемента первинного перетворювача, а також особливостями процесу реєстрації електричного сигналу.

Процес реєстрації ІВ полягає у перетворенні неелектричної величини, що характеризує його, в електричний сигнал. Інакше висловлюючись, у ньому перетворюється один вид енергії – енергія ІВ – в інший, зручніший для обробки та накопичення інформації. У датчику випромінювання виникає імпульс струму чи напруги у результаті іонізації його активного середовища – напівпровідника, цей імпульс несе велику інформацію. Насамперед, він корелюється з моментом часу ядерного процесу. Крім того, імпульс наголошує на факті випромінювання радіації в межах тілесного кута, під яким датчик видно від джерела. Амплітуда імпульсу часто є мірою енергетичних втрат випромінювання в датчику. Форма імпульсу відрізняється для різних видів випромінювання, а також для різних областей та кутів попадання випромінювання в датчик.

У роботі створено модель детектора гамма-випромінювання як єдиної системи первинного та вторинного перетворювачів. Вона містить фізичний аналіз та аналітичне представлення процесів, що відбуваються в CdZnTe-датчику та електронному підсилювачі. Показано, що в датчику збір зарядів різниться в часі, що призводить до розкиду імпульсів сигналу за тривалістю та амплітудою. У зв'язку з цим у моделі показано необхідність використання зарядово-чутливого попереднього підсилювача.

Основною перевагою моделі є вирішення проблеми оптимізації співвідношення сигнал/шум у детекторі.

Ключові слова: детектор, первинний та вторинний перетворювачі, енергія іонізуючого випромінювання, розкид імпульсів сигналу, системи радіаційного контролю

ІНТЕГРАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗА СТАНОМ СИЛОВИХ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

Ефективність стратегії технічного обслуговування, яка застосовується, безпосередньо залежить від повноцінності наявної інформації про реальний технічний стан об'єкта в процесі експлуатації. Поточний стан динамічного об'єкта, визначений за технічного діагностування кожного конкретного об'єкта технічного обслуговування, має обумовлювати перелік і обсяги відповідних профілактичних та відновлювальних робіт. Застосовуються наступні три різновиди організації технічного обслуговування динамічних об'єктів за станом: з контролем рівня надійності об'єкту експлуатації; з контролем параметрів об'єкту експлуатації; гібридний. Оскільки, силові установки як об'єкт експлуатації відзначаються високою функціональною значимістю, при цьому мають недостатній ступінь резервування та невисокий рівень експлуатаційної технологічності, доцільним виявляється застосування стратегії технічного обслуговування за станом з контролем параметрів, що передбачає неперервний, або періодичний контроль визначальних параметрів, або параметрів, за якими оцінюється фактичний поточний технічний стан кожного окремого об'єкта експлуатації.

Наведено загальні принципи, на основі яких може бути побудована інтегральна інформаційно-обчислювальна системи обробки параметрів, яка є головним елементом автоматизованої системи керування технічним станом газотурбінної установки. Синтезована адаптивна система динамічного контролю параметрів, що характеризують поточний технічний стан силових установок. Контур керування технічним станом об'єкта замкнений від'ємним зворотним зв'язком, що дає можливість застосування стратегії технічного обслуговування за станом з контролем параметрів. Система автоматичного керування, що використовує принцип зворотного зв'язку, будується традиційно на лінійній динамічній моделі об'єкта керування, використовується сукупність лінійних диференціальних та алгебраїчних рівнянь, що пов'язують між собою відхилення функціональних параметрів від їх номінальних значень, приведені до безрозмірної форми.

Ключові слова: газотурбінні установки, лінійна динамічна модель, технічне обслуговування за станом, інформаційне забезпечення.

Вступ і постановка проблеми. Газотурбінні установки (ГТУ) знайшли широке застосування в авіації, а також в енергетиці, трубопроводному, залізничному і морському транспорті тощо. При технічній експлуатації вищенаведених динамічних об'єктів традиційно застосовується метод технічної експлуатації за ресурсом зі стратегією технічного обслуговування за наробітком. У більшості випадків ГТУ є високотехнологічними, а тому і високо кошторисними об'єктами, експлуатація яких з використанням стратегії технічного обслуговування за наробітком є економічно недоцільною, внаслідок суттєвого недовикористання їх фактичного ресурсу.

Забезпечення безвідмовності ГТУ представляє собою важливу задачу, що потребує глибокого вивчення та використання методології системного підходу. При цьому головними принципами, що покладені в основу даного підходу повинні бути: комплексність вивчення проблеми; своєчасність проведення заходів з аналізу надійності парку ГТУ, діагностування технічного стану (ТС) агрегатів; оперативність розробки рекомендацій і корегування програм технічного обслуговування; забезпечення адаптивності комплексу заходів в залежності від зміни ТС та умов експлуатації. Ефективність системи вказаних заходів залежить від повноти та об'єму інформації про ТС агрегатів, а відповідно і від можливостей методів контролю, що використовують при діагностуванні їх ТС. Однак методи, що застосовують нині для контролю ТС ГТУ, характеризуються недостатньою інформативністю та, доволі часто, низькою достовірністю результатів, що потребує їх комплексного

використання сумісно з іншими методами. А це, відповідно, впливає на вартість технічного обслуговування, збільшення трудовитрат і часу виконання контролю ТС.

Силові ГТУ є об'єктами експлуатації з високою функціональною значимістю, що мають недостатній ступінь резервування, а також невисокий рівень експлуатаційної технологічності. Тому для них доцільне застосування стратегії технічного обслуговування за станом з контролем параметрів, за якої передбачається неперервний або періодичний контроль параметрів, що визначають фактичний поточний ТС кожного окремого об'єкта експлуатації. Вибір вимірюваних параметрів, які підлягають такому контролю, як правило, неоднозначний, що обумовлено як специфічними особливостями динамічного об'єкта, так і різноманітним характером зв'язків несправностей з функціональними параметрами. Однак, незважаючи на зазначену неоднозначність, вимоги, що визначають вибір вимірюваних функціональних параметрів, носять загальний характер, згідно з яким вимірювані параметри повинні мати прийнятні точність і стабільність показань у часі; мати найбільшу серед інших параметрів діагностичну цінність; ґрунтуватися на штатних вимірюваннях; забезпечувати простоту і зручність експлуатації вимірювальних засобів. У зв'язку з цим задача розробки підходів, щодо застосування сучасних вискоефективних методів контролю ТС для діагностики агрегатів ГТУ є актуальною, а її рішення представляє важливу наукову проблему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням оптимізації профілактичних і відновлювальних робіт та ремонтів на ГТУ присвячено багато досліджень із використанням теорії надійності й масового обслуговування [1 - 19 та ін]. Аналіз цих робіт показав, що найбільш оптимальною є система обслуговування обладнання «за технічним станом».

Так, у роботі [4] автором проведено аналіз стану розвитку автоматизованих систем контролю, діагностики і прогнозування ТС складних технічних систем різного призначення. Визначено переваги їх застосування в процесі управління життєвим циклом складних технічних систем.

У науковій статті [5] проведено аналіз характеристик процесу експлуатації агрегатів систем автоматичного керування. За результатами аналізу розроблені вимоги до математичної моделі процесу технічної експлуатації агрегатів, обрано клас моделі та метод моделювання, що дозволило розробити формалізований опис процесу технічної експлуатації одиничного агрегату систем автоматичного керування. За результатами аналізу обрано модель прогнозування показника надійності агрегатів та спосіб статистичного контролю рівня надійності.

У статті [7] розглянуто напрямок створення сучасного науково-методичного апарату побудови бортових вимірювальних систем, які дозволяють підвищити достовірність проведення вимірювань з метою оцінювання ТС бортового обладнання літальних апаратів, що експлуатуються за станом.

У роботі [8] запропоновано підхід, на базі якого може бути створено інтегральну інформаційно-обчислювальну систему обробки параметрів автоматизованої системи керування ТС силової ГТУ.

Наукове дослідження [9] присвячено розробці інформаційної та динамічної моделей контролю і діагностики ТС авіаційного двигуна задля визначення основних вимог до експертної системи. Використовуються такі методи: методи системного аналізу, методи системного програмування, методи побудови інформаційних моделей. За підсумками дослідження розроблено інформаційну модель, що визначає логічну структуру баз даних і знань, а також способи та механізми управління ними та взаємодії (обґрунтування змісту, наповнення, управління інформаційними потоками).

Метою статті є визначення найбільш ефективних (з точки зору економічної доцільності) шляхів підтримання справності та надійної експлуатації силових ГТУ на основі розробки автоматизованої системи керування їх ТС.

Виклад основного матеріалу. Для силових ГТУ за рівнем діагностичної цінності вимірювані функціональні параметри умовно можуть бути розділені на дві групи. До першої групи з більшою діагностичною значимістю відносяться: температура перед турбіною і за

турбіною, тиск за компресором, частоти обертання, температура масла в системі змащування, вібрація валу. До другої групи вимірюваних параметрів з меншою діагностичною значимістю можна віднести всі інші вимірювані параметри: температура на виході камери згоряння, тиск на виході турбіни, температура в порожнині колеса турбіни, температура на виході компресора, витрата палива та інші. Але, як свідчить досвід експлуатації ГТУ, сумарний вплив несправностей, що в них виникають, на вихідні функціональні параметри суттєво нижче рівня відхилень, які викликані зміною режиму роботи ГТУ та зміною зовнішніх умов експлуатації. Тому для зменшення впливу зміни режимів та випадкових змін зовнішніх умов функціонування ГТУ, зазвичай, використовуються комплексні діагностичні параметри, які, як правило, є приведеними до безрозмірної форми відхиленнями вихідних функціональних параметрів від їх номінальних величин, що відповідають справному стану ГТУ.

Слід зазначити, що будь-який динамічний об'єкт технічного обслуговування, в першу чергу, є об'єктом автоматичного регулювання, що використовується за своїм функціональним призначенням і характеризується сукупністю вхідних (регулюючих) параметрів, що утворюють вектор $u(t) = (u_1(t), \dots, u_m(t))^T$ і сукупністю вихідних (регульованих) параметрів, що утворюють вектор $x(t) = (x_1(t), \dots, x_r(t))^T$, а також сукупністю спостережуваних (вимірюваних) параметрів, що утворюють вектор $y(t) = (y_1(t), \dots, y_n(t))^T$, $m \leq r < n$. При цьому основна задача системи автоматичного регулювання – забезпечення номінальних (штатних) режимів функціонування об'єкта технічного обслуговування. Для побудови систем автоматичного регулювання за принципом від'ємного зворотного зв'язку традиційно використовуються лінійні динамічні моделі об'єктів регулювання, що пояснюються малістю відхилень значень вихідних функціональних параметрів від їх номінальних значень, тобто використовується сукупність лінійних диференціальних та алгебраїчних рівнянь, які пов'язують між собою приведені до безрозмірної форми відхилення функціональних параметрів від їх номінальних значень. Отже, в якості параметрів, що характеризують поточний ТС об'єкта технічного обслуговування, доцільно розглядати параметри його лінійної динамічної моделі (коефіцієнти підсилення, сталі часу) [2], [10]. Ці параметри характеризують ТС справного об'єкта і, водночас, є нечутливими до випадкових змін зовнішніх умов та режимів функціонування. Складаючи лінійну динамічну модель варто керуватися наступним правилом: лінійна динамічна модель повинна зв'язувати функціональні параметри об'єкта технічного обслуговування, що мають найбільшу діагностичну цінність. У цьому випадку параметри лінійної динамічної моделі цілком характеризують поточний ТС динамічного об'єкта і їх зміна у часі характеризує процес "старіння" об'єкта технічного обслуговування.

В загальному випадку [19] рівняння лінійної динамічної моделі для силової ГТУ можуть бути записані у вигляді

$$\begin{cases} T \frac{dx}{dt} + x = Ku(t) \\ y(t) = K_1 x(t) + K_2 u(t) \end{cases} \quad (1)$$

(2)

де T – невироджена матриця узагальнених сталих часу, розміру $r \times r$, а матриці K , K_1 , K_2 – матриці коефіцієнтів підсилення, розмірів $r \times m$, $n \times r$, $n \times m$ відповідно.

Рівняння (1) – це рівняння руху, а рівняння (2) – це рівняння спостереження.

Загальна кількість параметрів у цих матрицях $N = (n + r)(m + r)$ суттєво перевищує кількість спостережуваних параметрів n . Серед параметрів лінійної динамічної моделі виділяються статистично незалежні (або слабо залежні) параметри, які називають визначальними, тобто множина параметрів лінійної динамічної моделі факторизується і у кожний клас потрапляють параметри з високим ступенем взаємної кореляції.

Цілком зрозуміло, що для замикання контуру керування ТС динамічного об'єкта від'ємним зворотним зв'язком, в першу чергу, необхідно мати можливість неперервного контролю параметрів, що характеризують його ТС. У тих випадках, коли поточний ТС динамічного об'єкта оцінюється за значеннями відхилень функціональних параметрів від їх

номіналів, неперервний контроль здійснюється за допомогою штатних контрольно-вимірювальних систем. Якщо ж оцінка поточного ТС динамічного об'єкта виконується за допомогою параметрів його лінійної динамічної моделі, то для здійснення неперервного контролю цих параметрів, необхідно синтезувати адаптивну систему динамічного контролю.

Під динамічним контролем будемо розуміти сукупність дій, що спрямовані на визначення поточного ТС об'єкта, або його окремого вузла, за результатами вимірювання параметрів з високою діагностичною цінністю, які змінюються у часі. Динамічний контроль використовується для оцінки поточного ТС інерційних об'єктів, на відміну від статичного контролю, що використовується для оцінки ТС безінерційних об'єктів, або ж таких інерційних об'єктів, час перехідних процесів в яких є значно менший ніж час, що відводиться на сам контроль. Неперервний контроль визначальних параметрів здійснюється в результаті неперервного контролю й ідентифікації параметрів лінійної динамічної моделі.

Неперервність контролю визначальних параметрів гарантує обсяг інформації про ТС об'єкта, що виключає можливість раптових відмов. Для поступових відмов можуть бути розроблені спеціальні методи їхнього прогнозування, основною задачею яких є своєчасне виявлення передвідмовного стану об'єкта. При цьому процес зміни відповідних параметрів, що характеризують ТС об'єкта, зазвичай, має монотонний характер. Слід зазначити, що при прогнозуванні, як правило, користуються не моделями систем, а адаптивними моделями визначальних параметрів, що здатні реагувати на зміни ТС об'єкта технічного обслуговування. Принципи побудови системи динамічного контролю параметрів, що характеризують поточний ТС, і адаптивних моделей прогнозування цих параметрів є універсальними для широкого класу динамічних об'єктів, а лінійна динамічна модель об'єкта технічного обслуговування (1)-(2), що задовольняє сформульованим вище вимогам, створюється для кожного об'єкта індивідуально.

Нехай t_0 – час початку діагностування. Для кожного $t > t_0$ за формулою Коші маємо

$$x(t) = e^{-T^{-1}(t-t_0)}x(t_0) + \int_{t_0}^t e^{-T^{-1}(t-\tau)}T^{-1}Ku(\tau)d\tau,$$

де $e^{-T^{-1}(t-t_0)}$ – нормована матриця Коші, стовпчики якої це r -лінійно незалежних розв'язки однорідної системи диференціальних рівнянь, що відповідає системі диференціальних рівнянь (1), $x(t_0)$ – вектор початкових умов, який, у загальному випадку, не дорівнює нулю.

Для вектора спостережуваних параметрів $y(t)$ при кожному $t > t_0$ маємо

$$y(t) = K_1e^{-T^{-1}(t-t_0)}x(t_0) + \int_{t_0}^t K_1e^{-T^{-1}(t-\tau)}T^{-1}Ku(\tau)d\tau + K_2u(t).$$

Позначимо $y_0(t) = y(t) - K_1e^{-T^{-1}(t-t_0)}x(t_0)$, тобто

$$y_0(t) = \int_{t_0}^t K_1e^{-T^{-1}(t-\tau)}T^{-1}Ku(\tau)d\tau + K_2u(t). \quad (3)$$

Тоді за кожного фіксованого $t > t_0$ та справного стану силової ГТУ множина усіх можливих реалізацій вектора $y_0(t)$ утворює, у загальному випадку, m -вимірну гіперплощину в n -вимірному евклідовому просторі ($m < n$).

З іншого боку, за кожного фіксованого $t > t_0$ співвідношення (3) визначає лінійний неперервний оператор A_t , при чому областю значень цього оператора є m -вимірна гіперплощина в n -вимірному евклідовому просторі. Як відомо [20], для кожного лінійного неперервного оператора A_t існує спряжений оператор A_t^* , а відповідно, за умови, що добуток $A_t^*A_t$ є взаємнооднозначним оператором, може бути визначений оператор

$$P_t = E - A_t(A_t^*A_t)^{-1}A_t^*,$$

де E – одиничний оператор, що діє в n -вимірному евклідовому просторі.

Легко бачити, що оператор P_t задовольняє наступному співвідношенню $P_t^2 = P_t^* = P_t$, а це свідчить про те, що оператор P_t за кожного фіксованого t є оператором ортогонального проектування, що діє в n -вимірному евклідовому просторі. Тому, якщо скоригований вектор спостережуваних параметрів $y_0(t)$ у деякий фіксований момент $t > t_0$ не буде належати гіперплощині справних станів динамічного об'єкта, тобто

$$y_0^\perp(t) = P_t y_0(t) = y_0(t) - y_{0pr}(t) \neq 0, \quad (4)$$

де $y_{opr}(t)$ – це ортогональна проекція вектора $y_0(t)$ на m -вимірну гіперплощину справних станів динамічного об'єкта, то реальний поточний ТС об'єкта не відповідає лінійній динамічній моделі справного об'єкта і необхідно виконувати ідентифікацію параметрів лінійної динамічної моделі, що буде відповідати його новому поточному ТС. Таким чином, лінійна динамічна модель буде "старіти" синхронно зі зміною реального ТС динамічного об'єкта. Зазначимо, що умова (4) – є достатньою (а на практиці і необхідною) умовою невідповідності параметрів лінійної динамічної моделі поточному ТС динамічного об'єкта.

Структурна схема системи динамічного контролю параметрів, що характеризують ТС силової ГТУ, представлена на рис. 1.

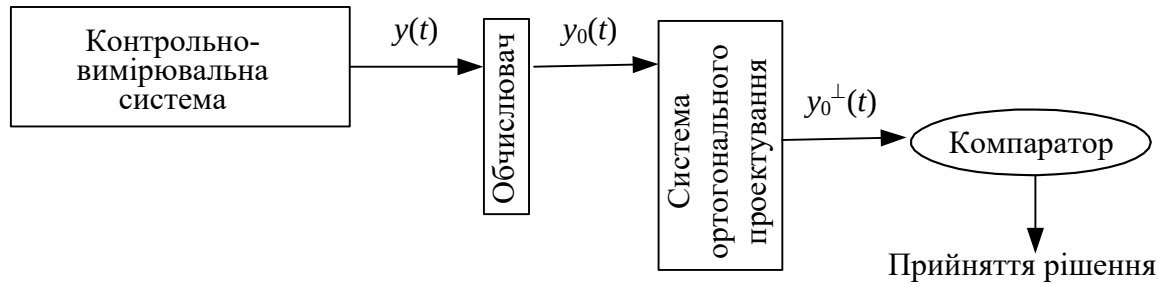


Рисунок 1 - Структурна схема системи динамічного контролю параметрів

Матриця передаточних функцій $H(p)$ системи ортогонального проектування, яка наведена на рис. 1, має вид

$$H(p) = E - (K_1(Tp + E)^{-1}K + K_2) \times \\ \times [K^T(T^Tp + E)^{-1}K_1^TK_1(Tp + E)^{-1}K + K^T(T^Tp + E)^{-1}K_1^TK_2 + K_2^TK_1(Tp + E)^{-1}K + K_2^TK_2]^{-1} \quad (5) \\ \times (K^T(T^Tp + E)^{-1}K_1^TK_2^T),$$

де E – це n -вимірна одинична матриця.

При цьому на вхід системи ортогонального проектування з виходу обчислювача буде подаватися скоригований вектор спостережуваних параметрів

$$y_0(t) = y(t) - K_1 e^{-T^{-1}(t-t_0)} x(t_0).$$

Якщо матриці лінійної динамічної моделі T , K , K_1 , K_2 , що входять до системи рівнянь (1, 2), ідеально відповідають поточному ТС динамічного об'єкта, то для будь-якого $t > t_0$

$$y_0^{\perp}(t) \equiv 0. \quad (6)$$

Порушення ж цієї тотожності у деякий момент часу $t_1 > t_0$ свідчить про те, що деякі параметри лінійної динамічної моделі об'єкта не відповідають його реальному ТС в цей момент часу і підлягають корекції. Істотною перевагою запропонованої схеми є те, що висновок про адекватність моделі поточному ТС об'єкта можна зробити за повної відсутності інформації про вхідні параметри і, тим більше, без будь-яких тестових впливів на об'єкт. Зазначимо, що метод ортогонального проектування дозволяє не тільки контролювати параметри лінійної динамічної моделі, що характеризують поточний ТС динамічного об'єкта, але й є придатним для визначення рядка (рядків) матриці передаточних функцій лінійної динамічної моделі силової ГТУ

$$W(p) = K_1(Tp + E)^{-1}K + K_2, \quad (7)$$

який містить параметри, що не відповідають поточному ТС. Ця процедура також може бути здійснена за повної відсутності інформації щодо вектора $u(t)$ [11].

Слід зазначити, що наведена система динамічного контролю є системою сигнального діагностування, що функціонує в реальному часі. Адаптація параметрів лінійної динамічної моделі до поточного ТС силової ГТУ відбувається лише після того, як в деякий момент часу

t_1 вперше спостерігається нерівність $y_0^\perp(t_1) \neq 0$. Ідентифікація нових значень параметрів лінійної динамічної моделі може бути виконана одним із відомих методів параметричної ідентифікації, при цьому елементи матриці сталих часу T можуть бути визначені внаслідок аналізу перехідних процесів, а елементи матриць K , K_1 , K_2 – внаслідок аналізу як перехідних, так і усталених режимів. Після ідентифікації нових значень параметрів лінійної динамічної моделі об'єкта матриця передаточних функцій системи ортогонального проектування також адаптується до нового ТС об'єкта, внаслідок чого виконання тотожності (6) поновиться і буде виконуватися до деякого моменту $t_2 > t_1$, у який будемо мати $y_0^\perp(t_2) \neq 0$. В момент часу t_2 процедура адаптації системи неперервного моніторингу до нового ТС силової ГТУ повторюється. Таким чином, синтезована система динамічного контролю параметрів лінійної динамічної моделі силової ГТУ адаптується до її поточного ТС і "старіє" синхронно з нею.

Параметри лінійної динамічної моделі, що визначаються підчас ідентифікації в моменти часу $t_1, t_2, \dots, t_n$ надходять до бази даних інтегральної інформаційно-обчислювальної системи, в якій на основі одержаної первинної інформації здійснюється оцінка поточного ТС силової ГТУ і прогнозування ТС з метою своєчасного виявлення передвідмовного стану контрольованого об'єкта.

Як вже зазначалося, процес зміни параметрів, що характеризують ТС об'єкта, зазвичай, має монотонний характер. Виходячи із цього, з кожного класу параметрів з високим ступенем кореляції необхідно вибрати по одному представнику, який швидше за всіх наближається до границі області, що характеризує передвідмовний стан ГТУ. Вибрані параметри утворюють вектор визначальних параметрів $v(t) = (v_1, \dots, v_k)^T$, $k \in N$.

Справний стан об'єкта технічного обслуговування в момент часу t еквівалентний виконанню співвідношення $v(t) \in D$,

де D – поле допуску для вектора визначальних параметрів. Зважаючи на те, що при кожному фіксованому t , про істинне значення вектора $v(t)$ можна судити тільки по вектору $\tilde{v}(t)$ – вектору точкових оцінок координат вектора $v(t)$, то висновок про ТС динамічного об'єкта можна зробити лише з визначеною довірчою імовірністю $P_{\text{дов}}$.

Тому, якщо імовірність

$$P\{\tilde{v}(t) \in D_\varepsilon\} \cong 1,$$

де $D_\varepsilon \subset D$, то з довірчою імовірністю $P_{\text{дов}}$ можна стверджувати, що в поточний момент часу t стан динамічного об'єкта відповідає справному.

Для того, щоб можна було зробити висновок про імовірний стан ГТУ в майбутньому необхідно, як вже відзначалось, виконувати прогнозування вектора визначальних параметрів, при цьому слід використовувати адаптивні моделі прогнозування для кожної координати вектора визначальних параметрів, що здатні реагувати на зміни ТС динамічного об'єкта. При використанні адаптивних методів прогнозування, наприклад, адаптивного методу експоненціального згладжування, динамічний ряд згладжується за допомогою зваженої ковзної середньої, вага якої, враховуючи монотонний характер зміни параметру, визначається останніми значеннями динамічного ряду. Це дає можливість отримати оцінку параметрів тренду, яка характеризує не середній рівень досліджуваного ряду, а тенденцію, що склалася на момент останнього спостереження.

Принципи побудови адаптивної системи неперервного контролю параметрів, що характеризують ТС, і адаптивних моделей прогнозування цих параметрів є універсальними для широкого класу динамічних об'єктів, а не лише для силових ГТУ, проте лінійна динамічна модель об'єкта технічного обслуговування створюється для кожного об'єкта індивідуально. Слід зауважити, що для більшості динамічних об'єктів, які знаходяться в експлуатації, не передбачалося використання стратегії технічного обслуговування за станом, отже і відсутні системи вбудованого контролю визначальних параметрів, а самі визначальні параметри не призначені розробником, тому задача організації технічного обслуговування за наробітком з прогнозуванням передвідмовного стану, а також технічного обслуговування за

станом з контролем параметрів, повинна вирішуватися на базі штатних контрольно-вимірювальних систем.

На основі інформації про поточний ТС силової ГТУ та з урахуванням результатів прогнозування робиться висновок про можливість її подальшої технічної експлуатації, або ж про необхідність проведення ремонтних робіт певного обсягу. Таким чином, контур керування ТС силової ГТУ стає замкнутим.

Підсумовуючи наведені міркування можна зробити висновок, що інтегральна інформаційно-обчислювальна система (ІОС) повинна вирішувати дві основні задачі: достовірну оцінку поточного ТС динамічного об'єкта і прогнозування передвідмовного стану у середньостроковій та довгостроковій перспективі.

Виходячи з вищезазначеного, структура ІОС обробки параметрів, що характеризують ТС ГТУ, має вигляд, наведений на рис. 2.

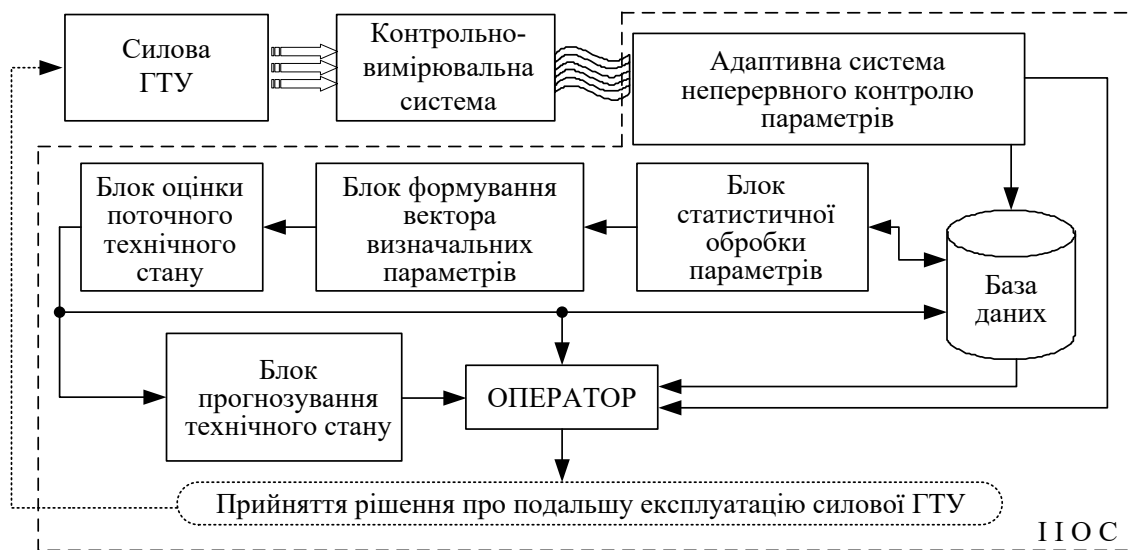


Рисунок 2 - Структурно-функціональна схема ІОС обробки параметрів, що характеризують поточний технічний стан силової ГТУ

Проілюструємо одержані теоретичні результати на прикладі одновального турбореактивного двигуна (ТРД) з нерегульованим соплом. Лінійна динамічна модель для одновального ТРД наведена в [21] та має вигляд

$$\begin{cases} (0.5p + 1)x_n = 0.333x_{G_T} \\ (0.5p + 1)x_{T_3} = (0.333p + 0.370)x_{G_T}, \\ (0.5p + 1)x_{T_4} = (0.293p + 0.06)x_{G_T} \end{cases}$$

де x_{G_T} – витрата палива (регулюючий параметр), x_n – число обертів двигуна, x_{T_3} – температура газу перед турбіною, x_{T_4} – температура газу за турбіною, x_n , x_{T_3} , x_{T_4} – спостережувані параметри.

Позначимо $u(t) = x_{G_T}$, $y_0(t) = (y_1(t), y_2(t), y_3(t))^T = (x_n, x_{T_3}, x_{T_4})^T$ – скоригований вектор спостережуваних параметрів. Тоді, відповідно до співвідношення (7)

$$W(p) = \begin{pmatrix} w_1(p) \\ w_2(p) \\ w_3(p) \end{pmatrix} = K_1(Tp + E)^{-1}K + K_2, \quad \text{де } K_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.889 \\ -1.580 \end{pmatrix}, \quad K_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.666 \\ 0.586 \end{pmatrix},$$

$$K = (0.333), \quad T = (0.5).$$

Відповідно до співвідношення (5) матриця передаточних функцій системи ортогонального проектування $H(p)$ має вигляд

$$= \begin{pmatrix} \frac{0.197p^2 + 0.281p + 0.141}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} & -\frac{0.111p + 0.123}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} & -\frac{0.098p + 0.020}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} \\ -\frac{0.111p + 0.123}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} & \frac{0.086p^2 + 0.035p + 0.115}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} & -\frac{0.098p^2 + 0.128p + 0.022}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} \\ -\frac{0.098p + 0.020}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} & -\frac{0.098p^2 + 0.128p + 0.022}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} & \frac{0.111p^2 + 0.246p + 0.248}{0.197p^2 + 0.281p + 0.252} \end{pmatrix}$$

Подальше моделювання будемо виконувати в програмному середовищі MATLAB.

Припустимо, що на виході обчислювача спостерігається вектор

$$y_0(t) = (y_{01}(t), y_{02}(t), y_{03}(t))^T.$$

На рис.3 наведено три варіанти (а, б, в) графіків координат вектора $y_0(t)$.

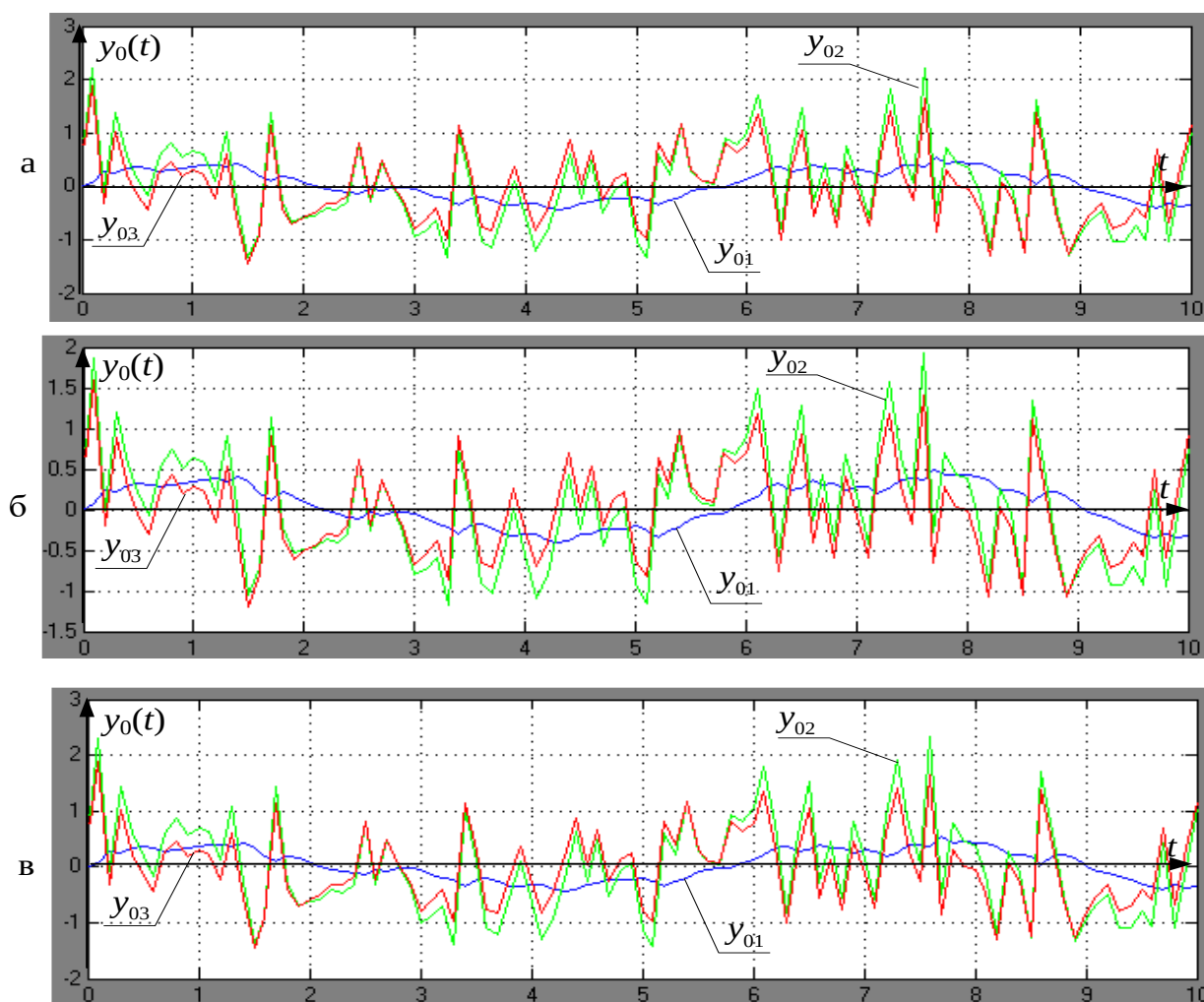


Рисунок 3 - Варіанти скоригованого спостережуваного вихідного вектора $y_0(t)$

На виході системи ортогонального проектування спостерігаємо вектор $y_0^\perp(t)$, відповідні графіки координат якого наведено на рис. 4.

Якщо на рис. 3 відповідні координати вектора спостережуваних параметрів $y_0(t)$ в усіх трьох варіантах практично не відрізняються, то на виході системи ортогонального проектування відповідні координати вектора $y_0^\perp(t)$ суттєво різняться.

На рис.4 (варіант а), кожна координата вектора $y_0^\perp(t)$ відхиляється від нульового значення не більше ніж на $\varepsilon = 3 \times 10^{-4}$, що знаходиться в межах прийнятої похибки обчислень $\delta = 10^{-3}$, тому, в цьому випадку, слід вважати $y_0^\perp(t) \equiv 0$, тобто не має підстав вважати, що параметри лінійної динамічної моделі не відповідають поточному ТС ТРД.

Максимальне відхилення першої координати вектора $y_0^\perp(t)$ на рис.4 (варіант б) дорівнює $\varepsilon = 9 \times 10^{-2}$, що суттєво перевищує прийняту похибку обчислень $\delta = 10^{-3}$, тому відхилення координат вектора $y_0^\perp(t)$ від нуля є наслідком того, що деякі параметри лінійної динамічної моделі не відповідають поточному технічному стану ТРД.

В результаті ідентифікації отримаємо нове значення сталої часу $T = 0.6c$ (попереднє значення $T = 0.5c$).

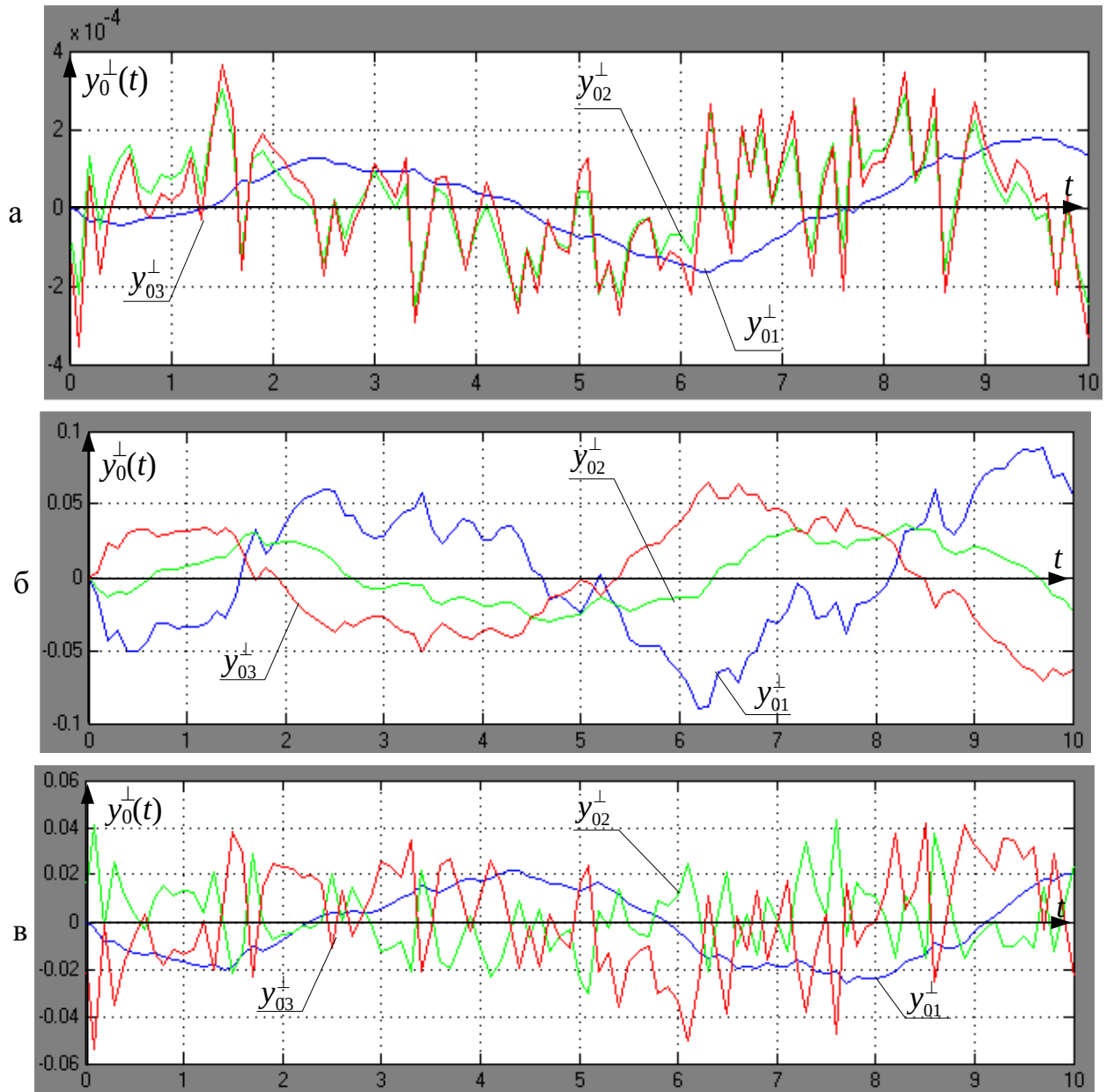


Рисунок 4 - Варіанти вихідного вектора системи ортогонального проектування $y_0^\perp(t)$

Максимальне відхилення третьої координати вектора $y_0^\perp(t)$ на рис.4 (варіант в) дорівнює $\varepsilon = 6 \times 10^{-2}$, що також суттєво перевищує прийняту похибку обчислень $\delta = 10^{-3}$, тому це відхилення є також наслідком невідповідності деяких параметрів лінійної динамічної моделі поточному стану ТРД.

Використовуючи процедуру знаходження рядка матриці передаточних функцій, що містить елементи, параметри яких не відповідають поточному ТС об'єкта [3] визначаємо, що

корекції підлягає другий елемент матриці K_2 . За результатами ідентифікації маємо нове значення $k_{22} = 0.696$ (попереднє значення $k_{22} = 0.666$).

Висновки

1. Інтегральна інформаційно-обчислювальна система повинна вирішувати дві основні задачі: достовірну оцінку поточного ТС динамічного об'єкта і прогнозування передвідмовного стану у середньостроковій та довгостроковій перспективах.

2. Головною умовою при організації технічного обслуговування динамічних об'єктів за станом з контролем параметрів є наявність можливості неперервного контролю параметрів, що характеризують поточний ТС. Вибір таких параметрів є неоднозначним, що обумовлено як специфічними особливостями динамічного об'єкта, так і різноманітним характером зв'язків несправностей з контрольованими параметрами. Разом з тим, незважаючи на зазначену неоднозначність, вимоги до визначальних параметрів носять загальний характер: визначальні параметри повинні мати прийнятні точність і стабільність показань у часі, мати найбільшу серед інших параметрів діагностичну цінність, не залежати від змін зовнішніх умов експлуатації та режимів функціонування, ґрунтуватися на штатних вимірюваннях.

3. Система неперервного контролю параметрів, що характеризують ТС динамічного об'єкта, повинна бути адаптивною, тобто змінюватись відповідно до зміни ТС ГТУ. Використання в якості характеристики поточного ТС об'єкта сукупності параметрів його лінійної динамічної моделі обґрунтовано для широкого класу об'єктів, система керування яких працює в режимі стабілізації, а тому, синтезована на базі цієї моделі адаптивна система неперервного моніторингу забезпечує можливість оцінки поточного ТС силової ГТУ та дає можливість прогнозування ТС. При цьому адаптація параметрів лінійної динамічної моделі об'єкта до нового ТС ГТУ повинна здійснюватися за умови найменшого втручання в штатний режим роботи ГТУ.

4. При прогнозуванні слід використовувати адаптивні моделі визначальних параметрів, які здатні реагувати на зміни ТС об'єкта технічного обслуговування, що дає можливість попередження поступових відмов та своєчасного виявлення передвідмовного стану ГТУ.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зарицкий С.П. Диагностика газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом: монография. М.: Недра, 1987. 197 с.
2. Ігуменцев Є.О., Прокопенко О.О. Підвищення безпеки експлуатації газотранспортного комплексу України. Якість технологій та освіти: Збірник наук. пр. Укр. інж.-пед. акад. Харків, 2011. Вип. 2. С. 101–104.
3. Ільченко Б.С. Діагностування функціонально-технічного стану газоперекачувальних агрегатів: монографія. Харків: ХНАМГ, 2011. 228 с.
4. Деркач І.І. Стан та проблеми розвитку автоматизованих систем контролю технічного стану складних технічних систем. Військово-технічний збірник, 2013, № 2(9). С. 20-23.
5. Трофименко І.В. Модель прогнозування показника надійності суднових агрегатів. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, Харків, ХУПС, 2018, № 1(55). С. 140-145.
6. Горбійчук М.І., Когутяк М.І., Скріпка О.А. Контроль технічного стану газоперекачувальних агрегатів. Методи та прилади контролю якості. 2005, № 13. С. 18–19.
7. Єрко В.Б. Науково-методичний підхід щодо побудови бортових вимірювальних систем для оцінювання технічного стану бортового обладнання літальних апаратів, які експлуатуються за стратегією технічного обслуговування «за станом». Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, Харків, ХУПС, 2013, № 3(12). С.44-48.
8. Пащенко С.В., Бельська О.А., Юхачов В.В. Інформаційне забезпечення технічного обслуговування за станом силових газотурбінних установок. Системи озброєння і військова техніка, Харків, ХУПС, 2011, № 1(25). С.130-134.
9. Vladov Serhii, Shmelov Yurii, Pylypenko Liudmyla, Kotliarov Kyrylo, Hrybanova Svitlana and Husarova Oksana Research of information and dynamic models of control and diagnostics of TV3-117 aircraft engine technical state. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, Published by Kharkiv National University of Radioelectronics,

URL:https://www.researchgate.net/publication/339638590_research_of_information_and_dynamic_models_of_control_and_diagnostics_of_TV3-117_aircraft_engine_technical_state.

10. Бельская А.А. Локализация неисправностей в линейных системах большой размерности при отсутствии информации о входном сигнале// Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції «Авіа-2006». – К.: НАУ, 2006, Т. II. С. 31–34.

11. Aslanyan A., Belskaya A. Informational providing of technical operation “on condition”. K: National Aviation University, The third world congress «Aviation in the XXI-st century»: «Safety in aviation and space technology», 2008. С. 18-21.

12. Shmelov Yu., Vladov S., Derevyanko I., Dieriabina I., Chyzhova L. Identification of rear model of TV3-117 aircraft engine based on the basis of neuromulti-functional technologies. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2019. № 1 (7). P. 43–49.

13. Chachurski R., Glowacki P., Czecinski S. Methods of counting aircraft turbine engines operating cycles. Transactions of the institute of aviation. 2011. №. 207. P. 5–13.

14. Fedorchenko D., Novikov D. Cycle counting methods of the aircraft engine. International journal of environmental and science education. 2016. Vol. 11. № 4. P. 3832–3846.

15. Dias G. Evolvment of computer aided software engineering (CASE) Tools: A user experience. International journal of computer science and software engineering. 2017. Vol. 6. Issue 3. P. 55–60.

16. Idoudi N., Louati N., Duvallet C., Bouaziz R., Sadeg B., Gargouri F. A framework to model real-time databases. International journal of computing & information sciences. 2008. Vol. 6. № 1. P. 19–29.

17. Shmelov Y., Vladov S., Klimova Y., Kirukhina M. Expert system for identification of the technical state of the aircraft engine TV3-117 in flight modes. System Analysis & Intelligent Computing: IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), 08–12 October 2018. P. 77–82.

18. Angeli C. Diagnostic expert systems: from expert’s knowledge to real-time systems. Advanced knowledge based systems: Model, applications & research. 2010. Vol. 1. P. 50–73.

19. Синтез систем управления и диагностирования газотурбинных двигателей /С. В. Елифанов, Б. И. Кузнецов, И.М. Богаенко и др. К.: Техника, 1998. 312 с.

20. Треногин В.А. Функциональный анализ. К.: Наука, 1980. 495 с.

21. Шевяков А.А. Автоматика авиационных и ракетных силовых установок. К.: Техніка, 1970. 548с.

REFERENCES:

1. Zaritskiy, S.P. (1987) "Diagnostics of gas compressor units with a gas turbine drive] M.: Nedra, 197 p. (in Russian).

2. Ihumentsev, E.O. and Prokopenko, O.O. (2011) "Pidvyshchennya bezpeky ekspluatatsiyi hazotransportnoho kompleksu Ukrayiny" [Increasing the safety of operation of the gas transport complex of Ukraine] Yakisttekhnohyy ta osvity: Zbirnyk nauk. pr. Ukr. inzh. ped. akad. Kharkiv. Vyp. 2, pp. 101–104. (in Ukrainian).

3. Ilchenko, B.S. (2011) "Diahnostuvannya funktsionalno-tekhnichnoho stanu hazoperekachuvalnykh ahrehativ" [Diagnostics of the functional and technical condition of gas pumping units], monohrafiya. Kharkiv, KHNAMH, 228 p. (in Ukrainian).

4. Derkach, I.I. (2013) "Stan ta problemy rozvytku avtomatyzovanykh system kontrolyu tekhnichnoho stanu skladnykh tekhnichnykh system" [The state and problems of the development of automated systems for monitoring the technical condition of complex technical systems.] Viyskovo-tekhnichnyy zbirnyk, № 2(9), pp. 20-23. (in Ukrainian).

5. Trofymenko, I.V. (2018) "Model prohnazuvalnykh pokaznyka nadiynosti sudnovykh ahrehativ" [A model for predicting the reliability indicator of ship units.] Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitryanykh Syl, KHUPS, № 1(55), pp. 140-145. (in Ukrainian).

6. Horbiychuk, M.I., Kohutyak M.I. and Skripka O.A. (2005) "Kontrol tekhnichnoho stanu hazoperekachuvalnykh ahrehativ" [Control of the technical condition of gas pumping units] Metody ta prylady kontrolyu yakosti, № 13, pp. 18–19. (in Ukrainian).

7. Yerko, V.B. (2013) "Naukovo-metodychnyy pidkhid shchodo pobudovy bortovykh vymiryvalnykh system dlya otsinyuvannya tekhnichnoho stanu bortovoho obladnannya litalnykh aparativ, yaki ekspluatuyutsya za stratehiyeyu tekhnichnoho obsluhovuvannya «za stanom»" [A scientific-methodical approach to the construction of on-board measurement systems for assessing the technical condition of on-board equipment of aircraft that are operated according to the "as condition" maintenance strategy] Nauka i tekhnika Povitryanykh Syl. Zbroynykh Syl Ukrayiny, Kharkiv, KHUPS, № 3(12),. pp. 44-48. (in Ukrainian).

8. Pashchenko, S.V., Byelska O.A. and Yukhachov V.V. (2011) "Informatsiyne zabezpechennya tekhnichnoho obsluhovuvannya za stanom sylovykh hazoturbinykh ustanovok" [Information provision of technical maintenance according to the state of power gas turbine installations] *Systemy ozbroynennya i viyskova tekhnika*, Kharkiv, KHUPS, № 1(25), pp.130-134. (in Ukrainian).
9. Vladov, S., Shmelov, Y., Pylypenko, L., Kotliarov, K., Hrybanova, S. and Husarova, O. Research of information and dynamic models of control and diagnostics of TV3-117 aircraft engine technical state. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, Published by Kharkiv National University of Radioelectronics, URL:https://www.researchgate.net/publication/339638590_research_of_information_and_dynamic_models_of_control_and_diagnostics_of_TV3-117_aircraft_engine_technical_state.
10. Belskaya, A.A. (2006) "Lokalizatsiya neyspravnostey v lyneynykh systemakh bolshoy razmernosti pry otsutstvyi ynfomatsyy o vkhodnom syhnaile" [Localization of malfunctions in large scale linear systems in the absence of information about the input signal] *Materialy VII mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi «Avia-2006»*. K., NAU, T. II, pp. 31–34.
11. Aslanyan, A. and Belskaya, A. (2008) Informational providing of technical operation "on condition". K, National Aviation University, The third world congress «Aviation in the XXI-st century»: «Safety in aviation and space technology», pp. 18-21.
12. Shmelov, Y., Vladov, S., Derevyanko, I., Dieriabina, I. and Chyzhova, L. (2019) Identification of rear model of TV3-117 aircraft engine based on the basis of neuromulti-functional technologies. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. № 1 (7). P. 43–49.
13. Chachurski, R., Glowacki, P. and Czecinski, S. (2011) Methods of counting aircraft turbine engines operating cycles. *Transactions of the institute of aviation*. №. 207, pp. 5–13.
14. Fedorchenko, D. and Novikov, D. (2016) Cycle counting methods of the aircraft engine. *International journal of environmental and science education*. Vol. 11. № 4, pp. 3832–3846.
15. Dias, G. Evolvment of computer aided software engineering (CASE) Tools: A user experience (2017). *International journal of computer science and software engineering*. Vol. 6. Issue 3, pp. 55–60.
16. Idoudi, N., Louati, N., Duvallet, C., Bouaziz, R., Sadeg, B. and Gargouri, F. (2008) A framework to model real-time databases. *International journal of computing & information sciences*. Vol. 6. № 1, pp. 19–29.
17. Shmelov, Y., Vladov, S., Klimova, Y. and Kirukhina, M. (2018) Expert system for identification of the technical state of the aircraft engine TV3-117 in flight modes. *System Analysis & Intelligent Computing: IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*, pp. 77–82.
18. Angeli, C. (2010) Diagnostic expert systems: from expert's knowledge to real-time systems. *Advanced knowledge based systems: Model, applications & research*. Vol. 1, pp. 50–73.
19. "Sintez sistem upravleniya i diagnostirovaniya gazoturbinykh dvigateley" [Synthesis of control systems and diagnostics of gas turbine engines] /Yepifanov, S.V., Kuznetsov, B.I. Bogayenko, I.M i dr. (1998) //K. Tekhnika, 312p. (in Russian).
20. Trenogin, V.A. (1980) "Funktsionalnyy analiz" [Functional Analysis] M., Nauka, 495 p. (in Russian).
21. Shevyakov, A.A. (1970) "Avtomatika aviatsionnykh i raketnykh silovykh ustanovok" [Automation of aviation and rocket power plants] K. Tekhnika, 548 p. (in Russian).

Ph.D. Belska O.A., Ph.D. Chernykh Y.O.

INTEGRATED INFORMATION AND COMPUTER SYSTEM, WHAT MAINTENANCE PROVIDES POWER GAS TURBINE PLANTS BY CONDITION

The effectiveness of the chosen maintenance strategy is determined by the completeness of information about the current technical condition of the facility. The real current state of a dynamic object should specify the list and scope of preventive and remedial work for each specific maintenance object. Existing strategies and programs according to the technical condition of dynamic objects are conditionally divided into three groups: with control over the level of reliability of the operating object; with control of the parameters of the object of operation; hybrid. Power gas turbine plants are objects of operation with high functional significance. They have an insufficient degree of redundancy, as well as a low level of operational manufacturability. Therefore, it is advisable for them to apply a maintenance strategy as per the parameter control.

The article proposes general principles on the basis of which an integral information-computing system for processing parameters can be built. This system is the main element of the automated control system for the technical condition of the gas turbine power plant. Synthesized adaptive system for dynamic control of parameters characterizing the current technical state of a gas turbine power plant. Closing the control loop of the technical condition of the object with negative feedback allows you to switch from the strategy of its maintenance according to the operating time to the maintenance strategy according to the state with the control of parameters.

The integrated information-computing system should solve two main tasks: a reliable assessment of the current technical state of a dynamic object and prediction of a pre-failure state in the medium and long term. The main condition for organizing the maintenance of dynamic objects according to the state with the control of parameters is the possibility of continuous monitoring of the parameters characterizing the current technical state. The choice of such parameters is ambiguous, which is due to both the specific features of dynamic object and diverse nature of relationship between faults and controlled parameters.

The requirements for the determining parameters are of a general nature: the parameters must have acceptable accuracy and stability of readings over time; have the greatest diagnostic value among other parameters; not depend on changes in external operating conditions and modes of operation; based on standard measurements. The system of continuous monitoring of parameters characterizing technical state of a dynamic object must be adaptive. It should change in accordance with the change in technical condition of the gas turbine power plant. The use of a set of parameters of its dynamic linear model as characteristic of the current technical state of an object is justified for a wide class of objects.

The control system of such objects operates in the stabilization mode, therefore, the adaptive system of continuous monitoring synthesized on the basis of this model provides the possibility of assessing the current technical state of the gas turbine power plant and makes it possible to predict its technical state. At the same time, the adaptation of the parameters of the linear dynamic model of the object to the new technical condition of the gas turbine plant should be carried out with the least interference in the normal operation of the plant.

Key words: gas turbine plants, linear dynamic model, state-of-the-art maintenance, information support.

ПРОТИДІЯ НЕГАТИВНИМ ТЕНДЕНЦІЯМ ВОЄННО-ПОЛІТИЧНОЇ ОБСТАНОВКИ, СПРЯМОВАНИМ НА ЗМІНУ ПОЛІТИЧНОГО РЕЖИМУ У ВИБРАНІЙ КРАЇНІ-МІШЕНІ

Державність є головною мішенню, на яку в першу чергу націлюються сили і засоби країни-агресора для реалізації своїх геополітичних інтересів щодо трансформації світового порядку.

Щоб захистити державність, а саме не допустити насильницької зміни правлячого режиму, потрібно зберегти соціально-політичну стабільність у країні.

У статті показано, що основним напрямом протидії негативним тенденціям воєнно-політичної обстановки, спрямованим на зміну політичного режиму у вибраній країні-мішені, незалежно від того, якого типу функціонує її політична система і який ця система реалізує політичний курс, діяльність влади в остаточному підсумку має бути підпорядкована цілям збереження стабільності контрольованих нею соціально-політичних процесів.

Стабільність дає змогу домагатися підвищення керованості суспільних процесів, тому її можна вважати інтегральною характеристикою не тільки політичного режиму, а й соціального порядку загалом. З огляду на те, що політичні інститути, будучи своєрідним продовженням і закріпленням соціальних норм і відносин, насамперед покликані впорядковувати суспільні зв'язки, досягнення ними політичної стабільності набуває виняткового значення в діяльності держави.

Зроблено висновок, що у першому наближенні стабільність політичної системи можна дослідити за допомогою двох найуживаніших моделей: моделі стійкої стабільності і моделі нестійкої стабільності, що, у свою чергу, дає змогу обрати в якості критеріїв забезпечення національної безпеки рівень соціально-політичної стабільності та рівень соціально-політичної нестабільності в державі. При дослідженнях стратегій, орієнтованих на зміну режиму через занурення в хаос або виведення країни-мішені на край (кромку) хаосу, найінформативнішим виявляється критерій – рівень соціально-політичної нестабільності в державі-мішені.

Ключові слова: воєнно-політична обстановка, соціально-політична стабільність, сталий розвиток, зміна режиму, хаос, національна безпека

Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями Стаття присвячена проблемі забезпечення національної безпеки в умовах штучно створеного високого рівня соціально-політичної нестабільності у суспільстві. Сили сектору безпеки і оборони України повинні завчасно виявляти спроби інших держав дестабілізувати ситуацію в державі [1 – 3], перекрити фінансові потоки, що направляються на підготовку державного перевороту і захоплення влади легально підготовленою опозицією. У цих умовах актуальним науковим завданням виступає встановлення закономірностей по збереженню соціально-політичної стабільності в державі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій У Законі України “Про національну безпеку України” [1] зазначається, що інтереси безпеки в сучасних умовах превалюють над іншими пріоритетами, оскільки саме на основі їх реалізації можна генерувати сценарії сталого розвитку держави. Пріоритети інтересів безпеки базуються на визначених стратегічних завданнях країни щодо її розвитку на визначену перспективу. Стратегія національної безпеки України є основою для комплексного планування діяльності органів державної влади у сфері національної безпеки і оборони, а також розроблення інших документів, якими визначаються цілі, напрями і механізми діяльності органів державної влади у сфері забезпечення національної безпеки. Фактично стратегія національної безпеки України визначає організаційні основи забезпечення достатнього рівня воєнної безпеки держави, але не обмежує діяльність “агентів впливу” на її території.

У монографії Рачья Арзуманяна [4] викладено основні риси і характеристики іррегулярних воєнних дій (іррегулярних війн) у безпековому середовищі XXI століття, а також проаналізовано теорію і концепції іррегулярних воєнних дій у сучасній воєнній доктрині США. Вивчення досвіду збройних сил США та низки західноєвропейських країн дає змогу оцінити основні проблеми, з якими стикається воєнна організація держави та система національної безпеки загалом під час проведення такого роду воєнних дій. Іррегулярні воєнні дії наочно показують важливість поєднання воєнної сфери з іншими елементами національної могутності, оркестрування всіх інструментів національної могутності для досягнення стратегічних цілей нації.

У публікації [5] розкривається сутність діяльності Сороса, згідно якої американські неурядові організації (НУО) створили системну мережу в Республіці Казахстан і з її допомогою здійснюють інформаційний вплив на всю Центральну Азію.

У статті [6] розглянуто методичний підхід до моделювання стратегії, спрямованої на зміну режиму у вибраній країні-мішені через занурення її в хаос. Запропонована граф-модель сценарію реалізації стратегії зміни політичного режиму на основі методу функціонально значимих проміжних станів (ФЗПС). Для кожного ФЗПС сформована своя група показників успішності виконання завдань проміжного стану. Показано, що головною мішенню, на яку націлюються всі сили і засоби агресора для реалізації своїх геополітичних інтересів по трансформації світового порядку, являється державність. Щоб захистити державність, тобто не допустити насильницької зміни режиму, потрібно перш за все зберегти соціально-політичну стабільність в країні.

У монографії [7] розглянуті найбільш вживані моделі стабільності соціальних систем, проведено оцінювання рівня соціально-політичної нестабільності на окремих етапах життєдіяльності держави, проте в роботі не узагальнені закономірності зростання рівня соціально-політичної нестабільності і не визначені функціонально значимі проміжні стани динаміки внутріполітичної ситуації в державі, які спрямовуються на зміну політичного режиму в державі.

Метою статті є розгляд обґрунтування основних напрямів протидії негативним тенденціям воєнно-політичної обстановки, спрямованим на зміну політичного режиму у вибраній країні-мішені.

Викладення основного матеріалу дослідження. Донедавна війни велися традиційними збройними засобами з використанням регулярних армій. Критерієм війни завжди вважалося застосування збройних (летальних) засобів. Специфіка нинішніх війн полягає в тому, що їх ведуть не тільки традиційними збройними засобами, а й нетрадиційними, наприклад, політичними, економічними, інформаційними, ідеологічними, психологічними, гуманітарними, розвідувальними, які часто виявляються ефективнішими та більш руйнівними [8]. Для таких воєн критеріями є вже не використовувані засоби, а цілі, що досягаються, які можна порівняти з цілями, що їх зазвичай переслідують під час традиційних воєн. Це, як правило, знищення, розграбування, окупація, зміна режиму, занурення в хаос, використання як інструменту для реалізації своїх геополітичних інтересів, наприклад, втягнення країни в збройний конфлікт з обраним для знищення (ослаблення) противником.

Завдяки використовуваним технологіям на сучасному етапі ці цілі можуть бути досягнуті без застосування летальної зброї. Прикладом цього може слугувати розв'язана Заходом "холодна" війна, в результаті якої Захід, не застосовуючи традиційну летальну зброю, здобув перемогу над СРСР.

З перерахованих цілей останнім часом пріоритет віддається зміні режиму через занурення в хаос або виведення країни-мішені на кромку хаосу [4]. Завдяки зміні режиму, наприклад, США встановлюють маріонеткові режими і їхніми руками розв'язують свої стратегічні завдання. Відпрацьованими технологіями зміни режиму як мети нинішньої війни, правомірно вважати так звані "кольорові" революції в низці держав. Такі війни об'єднує одна й та сама прихована мета - знищення національної державності. Державність є головною мішенню, на яку націлюються всі сили і засоби агресора для реалізації своїх геополітичних інтересів щодо трансформації світового порядку.

Щоб захистити державність (не допустити насильницької зміни режиму), потрібно, по-перше, зберегти соціально-політичну стабільність у країні; по-друге, виявити головний напрямок наступу супротивника, оцінити сили, що залучаються, засоби, ресурси, характер і масштаб їхнього застосування; по-третє, зрозуміти його задум та основні сценарії його реалізації; по-четверте, підготувати необхідні сили, засоби, ресурси та розробити чітку стратегію протидії.

Збереження соціально-політичної стабільності в країні є найголовнішою умовою забезпечення національної безпеки [6, 9]. Оскільки соціальні системи належать до складних систем [7], то для їхнього дослідження застосовні теорія і методи аналізу складних систем.

Стабільність системи, природно, розглядається не як щось застигле, що намертво скріплює систему, не як її закостенілість, замороженість. У стабільному стані система самозберігається, але при цьому в ній допускаються такі зміни, які не є системоруйнівними. У природі не буває абсолютно стабільних систем: вони мають різний ступінь стабільності. Високий ступінь стабільності означає жорстку опірність як внутрішнім змінам, так і зовнішнім впливам. Існування будь-якої системи допускає лише мінімально необхідний ступінь стабільності. Така стабільність у динамічних системах ґрунтується на сукупності нестійких рівноваг між системоутворювальними і системоруйнівними процесами.

Категорія стабільності виступає як самостійна цінність. В ієрархії суспільних цінностей її важко звести до якихось інших, окрім однієї, яка виступає відносно неї як цінність вищого рівня. Ця цінність – упорядкованість. Вона інтегрує всю сукупність відносин усередині суспільства. Стабільність суспільства визначається через упорядкованість або, іншими словами, "соціальний порядок" [9].

Для суспільних систем стабільність виражається в таких упорядкованих процесах в політиці, економіці, соціальному житті, культурі, міжетнічних відносинах, релігійному середовищі, якому, з одного боку, властиві суперечність і, навіть, конфліктність, а з другого – регулюється сукупністю інститутів і відносин, перебуває у стані "соціального порядку", забезпечуючи поступальний розвиток усієї суспільної системи.

Порушення стабільності в суспільстві слід розглядати як "соціальну патологію", "функціональний розлад", тобто, як небезпечне захворювання суспільного організму, для боротьби з яким мають бути розроблені відповідні механізми досягнення та підтримання суспільної стабільності.

Процес забезпечення національної безпеки держави (організація і здійснення такого рівня захисту життєво важливих інтересів людини і громадянина, суспільства і держави, за якого забезпечуються сталий розвиток суспільства, своєчасне виявлення, запобігання і нейтралізація загроз, що можуть виникнути у суспільстві).

Запобігання і нейтралізацію реальних і потенційних загроз національним інтересам будемо розглядати з позицій системного підходу, з використанням теорії складних систем [6, 7].

Для цього такий процес необхідно представити як ієрархічний, багаторівневий, провести його декомпозицію на кілька простіших підпроцесів зі своїм деревом цілей. Крім того, слід здійснити декомпозицію цілей, "пов'язати" їх із кожним підпроцесом, розподілити за рівнями ієрархії.

Сталий розвиток суспільства за критерієм U_r умовно покажемо монотонно зростаючою фазовою траєкторією F_t (рис. 1). Читати рисунок потрібно так:

у момент T_k суспільство (держави) S , що розглядається, досягло рівня свого розвитку U_{rk} . Для наочності рівень розвитку оцінено на рисунку одним критерієм, наприклад, величиною валового внутрішнього продукту (ВВП). Реальний же розвиток оцінюється цілим набором критеріїв, які формально можна представити у вигляді матриці, вектора тощо.

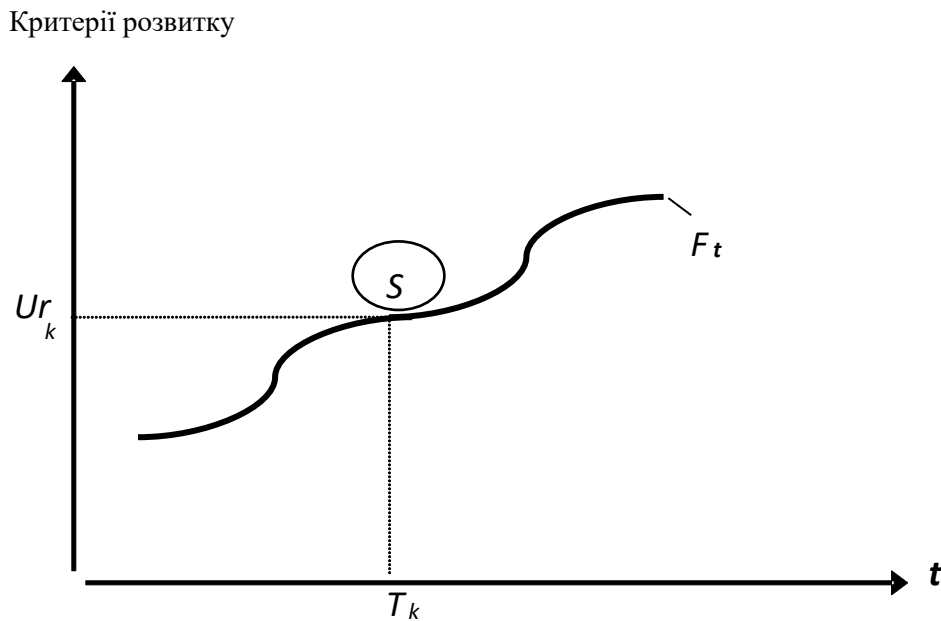


Рисунок 1 – Умовне представлення сталого розвитку суспільства S [6]

Виходячи з визначення, сталий розвиток буде тоді, коли фазова траєкторія монотонно зростатиме, а для цього необхідно забезпечити насамперед економічну та соціально-політичну стабільність у державі (суспільстві). Для спрощення подальших викладів мову вестимемо про державу, маючи на увазі, що вона акумулює й персоніфікує в собі суспільство.

Незалежно від того, якого типу політична система в тій чи іншій конкретній країні, який ця система реалізує політичний курс, діяльність влади в остаточному підсумку має бути підпорядкована цілям збереження стабільності контрольованих нею соціально-політичних процесів у державі.

Стабільність дає змогу домагатися підвищення керованості суспільних процесів, тому її можна вважати інтегральною характеристикою не тільки політичного режиму, а й соціального порядку загалом. З огляду на те, що політичні інститути, будучи своєрідним продовженням і закріпленням соціальних норм і відносин, насамперед покликані впорядковувати суспільні зв'язки, досягнення ними політичної стабільності набуває виняткового значення в діяльності держави.

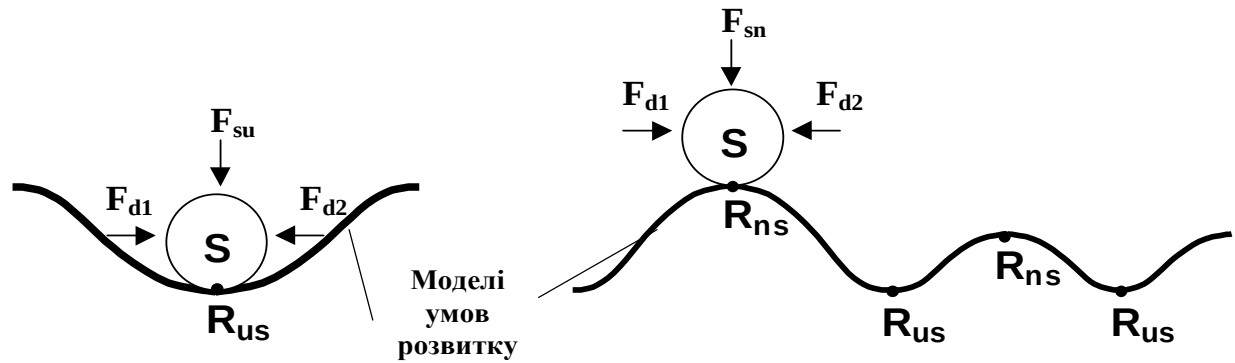
З теорії стабільності складних систем відомо, що в першому наближенні стабільність складної системи можна дослідити за допомогою двох найуживаніших моделей: моделі стійкої стабільності 1 і моделі нестійкої стабільності 2 (рис. 2) [6].

Модель 1 умов розвитку системи S на рис. 2 описує ринкові умови її функціонування, наявність незалежної судової влади, незалежних засобів масової інформації, розвиненого громадянського суспільства та інших атрибутів демократичної держави. Наявність увігнутої дискримінаційної характеристики є необхідною умовою здійснення в системі саморегулювання або самоналаштування (у нашому випадку це означає забезпечення стійкої стабільності в точці R_{us} відповідно до досягнутого рівня розвитку держави U_{rk} (рис. 1). Точка R_{us} – точка стійкої стабільності системи S .

Завдяки увігнутій дискримінаційній характеристиці є можливість "вимірювати" не тільки знак відхилення системи від рівноважного стану, а й величину цього відхилення.

У демократичному суспільстві ці вимірювання проводять незалежні засоби масової інформації, структурні елементи громадянського суспільства, політична опозиція, окремі особистості шляхом, наприклад, критики влади чи її представників, а також незалежна судова влада. Реагуючи на виступи засобів масової інформації, критику, політики або представники влади визнають свої помилки, анулюють ухвалені раніше рішення, що не влаштовують суспільство, а система при цьому сама повертається у вихідну точку R_{us} . У такій

системі є сприятливі можливості для скорочення збитків від неефективного управління, лобіювання певних інтересів, корупційних дій тощо.



Модель 1

Модель 2

Рисунок 2 – Моделі стійкої (1) і нестійкої стабільності (2) [6]

Розмір відверненої в такій моделі шкоди залежить від часу реакції описаної вище "вимірювальної підсистеми", і суспільство може не зазнати втрат узагалі, якщо будуть виявлені й оприлюднені не наслідки якихось тіньових схем, угод, корупційних дій, а наміри вчинити протиправні дії. Ефективність функціонування такої системи великою мірою залежить від організації та використання інституту незалежної експертизи програм, проєктів, стратегій, концепцій, важливих державних рішень тощо.

У складній соціальній системі, якою є держава або її окремі сфери, завжди діють різного роду дестабілізуючі фактори, які умовно позначені на рисунках як F_{d1} та F_{d2} .

У принципі вони можуть мати різні напрямки, наприклад для України – сили, які виступають за збереження позаблокового статусу, вступ до НАТО, ЄС, ЄП, ОДКБ, за нейтралітет. Якщо одна з цих сил почне переважати над іншими і під її тиском буде ухвалено відповідне рішення, система через певний час перейде в новий стан (рис. 3), але для того, щоб система опинилася в точці сталої стабільності, потрібно значно більше часу, до того ж у процесі такого переходу можуть з'явитися нові дестабілізуючі сили, для нейтралізації або врівноваження яких потрібні будуть нові ресурси, яких у держави на той момент може просто не виявитися.

Загалом дестабілізуючі сили мають характер викликів, небезпек, загроз або негативних тенденцій воєнно-політичної та геополітичної обстановки. Причому вони можуть бути як внутрішніми, так і зовнішніми щодо аналізованої держави.

Кілька слів про стабілізуючу силу F_{su} (рис. 2). Умовно її можна зіставити, наприклад, із повноваженнями, що реалізуються президентом, парламентом, правоохоронними органами, силовими структурами тощо. Призначення сили F_{su} в державі, в якій забезпечується стійка стабільність її розвитку, полягає в тому, щоб не допустити появи, нарощування такого потенціалу дестабілізуючих сил F_{d1} і F_{d2} , які б вивели державу з точки сталої стабільності R_{us} на таку відстань, коли повернення за умови саморегулювання в цю точку стає неможливим.

Характерним для цієї моделі є те, що зі збільшенням "глибини яру", тобто підвищенням стабільності, для збереження на виході того самого результату потрібна менша за величиною стабілізуюча сила F_{su} і допускається більша за величиною дестабілізуюча сила F_{d1} (F_{d2}). Оскільки з кожною силою пов'язують певні ресурси, то природно, що система зі стійкою стабільністю зажадає менше ресурсів для збереження свого статусу в разі зростання дестабілізуючої сили.

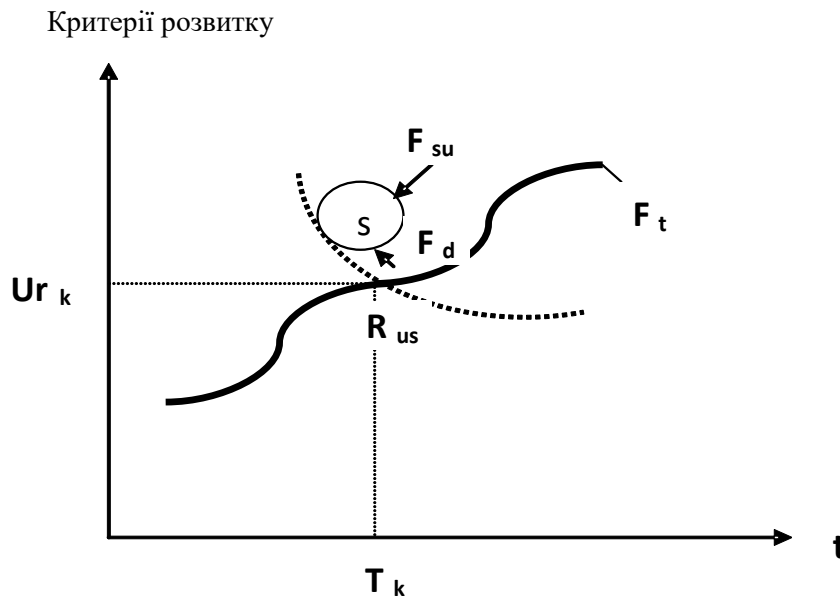


Рисунок 3 – Приклад реакції держави S , яка розвивається за моделлю стійкої стабільності, на гіпотетичну дестабілізуючу силу (загрозу) [6]

На рис. 2 показано модель 2 нестійкої стабільності системи (скажімо, у тій самій точці досягнутого рівня розвитку держави U_{rk} , що на рис. 1).

Опукла траєкторія описує умови функціонування командно-розподільчої системи, в якій стійкий стан у точці нестійкої стабільності R_{ns} забезпечується стабілізуючою силою F_{sn} (наприклад, сильною президентською владою, опорою на силові структури, диктаторським режимом, централізованим плануванням розвитку на рік, п'ятирічку та ін.).

Стабільність держави, побудована за такою моделлю, більш чутлива до дестабілізуючих чинників, і, природно, збереження стабільності потребує більшої за величиною стабілізаційної сили F_{sn} , а отже, і більше ресурсів.

Останнім часом цими постулатами часто користуються США, коли їм потрібно змінити в тій чи іншій державі політичний режим (як це було в Грузії, Лівії). Вони готують і нарощують потенціал дестабілізуючих сил, як правило, всередині держави-об'єкта, послаблюють стабілізуючу силу, у різний спосіб знижують рівень стабільності в державі ("розгинають" криву) і на цій хвилі приводять до влади новий уряд, лояльний до США, користуючись яким, згодом здійснюють так зване зовнішнє управління.

Висновки. Незалежно від того, якого типу функціонує політична система в тій чи іншій конкретній країні, який ця система реалізує політичний курс, діяльність влади в остаточному підсумку має бути підпорядкована цілям збереження стабільності контрольованих нею соціально-політичних процесів.

Стабільність дає змогу домагатися підвищення керованості суспільних процесів, тому її можна вважати інтегральною характеристикою не тільки політичного режиму, а й соціального порядку загалом. З огляду на те, що політичні інститути, будучи своєрідним продовженням і закріпленням соціальних норм і відносин, насамперед покликані впорядковувати суспільні зв'язки, досягнення ними політичної стабільності набуває виняткового значення в діяльності держави.

У першому наближенні стабільність політичної системи можна дослідити за допомогою двох найуживаніших моделей: моделі стійкої стабільності і моделі нестійкої стабільності, що у свою чергу дає змогу обрати в якості критеріїв забезпечення національної безпеки *рівні соціально-політичної стабільності та нестабільності* в державі. При дослідженнях стратегій, орієнтованих на зміну режиму через занурення в хаос або виведення країни-мішені на край хаосу, найінформативнішим виявляється критерій – *рівень соціально-політичної нестабільності в державі-мішені*.

У наступних публікаціях планується розглянути гіпотетичний приклад нарощування в державі-мішені соціально-політичної нестабільності до критичного рівня, при якому у державі-мішені настає криза (хаос) (досягається кінцева мета стратегії).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Закон України “Про національну безпеку України” // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2018, № 31, ст. 241.
2. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 вересня 2020 року “Про Стратегію національної безпеки України”: Указ Президента України від 14 вересня 2020 року № 392/2020.
3. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 25 березня 2021 року “Про Стратегію воєнної безпеки України”: Указ Президента України від 25.03.2021 року № 121/2021. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/1212021-37661> (дата звернення: 10.10.2023).
4. Арзумян Р.В. Стратегия иррегулярной войны: теория и практика применения. // URL: <https://starcom68.livejournal.com/1719104.html> (дата звернення 13.01.2024)
5. “Щупальца Сороса”: американские НКО опутали сетями Казахстан и Центральную Азию / URL: <https://oko-planet.su/politik/newsday/708405-schupalca-sorosa-amerikanske-nko-oputali-setjami-kazahstan-icentralnuju-aziju.html> (дата звернення 14.01.2024)
6. Богданович В.Ю. Моделирование стратегии, ориентированной на смену режима в выбранной стране-мишени через ее погружение в хаос на основе метода функционально значимых промежуточных состояний // Київ. ДУТ: Сучасний захист інформації. №2. 2015. с.44–53.
7. Богданович В.Ю., Свида І.Ю., Скулиш Є.Д. Теоретико-методологічні основи забезпечення національної безпеки України: моногр.: у 7т. / Т.1. Теоретичні основи, методи й технології забезпечення національної безпеки України / За заг. ред. Є.Д.Скулиша. Київ: наук.-вид. відділ НА СБ України, 2012. 548с.
8. Богданович В.Ю., Свида І.Ю., Скулиш Є.Д. Теоретико-методологічні основи забезпечення національної безпеки України. Моногр. у 7 т. / Т. 4. Воєнна безпека держави і шляхи її забезпечення. За заг. ред. Є. Д. Скулиша. // Київ: Наук.-вид. відділ НА СБ України, 2012. 464 с.
9. Богданович В.Ю., Романченко І.С., Свида І.Ю., Сиротенко А.М., Дублян О.В. Методологія комплексного використання військових і невійськових сил та засобів сектору безпеки і оборони для протидії сучасним загрозам воєнній безпеці України: монографія; вид. 2-ге, розширене та доповнене / Київ: НУОУ ім. Івана Черняховського, 2021. 364 с.
10. Резнікова О.О. Національна стійкість в умовах мінливого безпекового середовища : монографія. / Київ : НІСД, 2022. 532 с.

REFERENCES:

1. Zakon Ukrainy “Pro natsionalnu bezpeku Ukrainy” // Vidomosti Verhovnoyi Rady (VVR), 2018, № 31, ст. 241.
2. Pro rishennja Rady natsionalnoyi bezpeky i oborony Ukrainy vid 14.09.2020 “Pro Strategiyu natsionalnoyi bezpeky Ukrainy”: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 14.09.2020 № 392/2020. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/3922020-35771>.
3. Pro rishennja Rady natsionalnoyi bezpeky i oborony Ukrainy vid 25.03.2021 “Pro Strategiyu voyennoyi bezpeky Ukrainy”: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 25.03.2021 № 121/2021. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/1212021-37661>.
4. Arzumyan R.V. Strategiya irregulyarnoy voyny: teoriya i praktika primeneniya // URL: <https://starcom68.livejournal.com/1719104.html> (data zvernennya 13.01.2024)
5. “Schupaltsa Sorosa”: amerikanskiye NKO oputali setyami Kazahstan i Tsentralnuyu Aziyu / URL: <https://oko-planet.su/politik/newsday/708405-schupalca-sorosa-amerikanske-nko-oputali-setjami-kazahstan-icentralnuju-aziju.html> (data zvernennya 14.01.2024)
6. Bogdanovych, V.Yu. Modelirovaniye strategiyi, oriyentirovannoy na smenu rezhima v vybrannoy strane-misheni cherez yeye pogruzheniye v haos na osnove metoda funktsionalno znachimyh promezhutochnykh sostoyaniy // Kyiv. DUT Suchasnyi zahyst informatsiyi. №2. 2015. с.44–53.
7. Bogdanovych, V.Yu., Svyda, I. Yu. and Skulysh, Ye.D. Teoretyko-metodologichni osnovy zabezpechennya natsionalnoyi bezpeky Ukrainy. Monograf. T. 1. // Za zag. red. Ye.D. Skullysha. Kyiv: nauk.-vyd. viddil NA SB Ukrainy. 2012. 548 p

8. Bogdanovych, V.Yu., Svyda, I. Yu. and Skulysh, Ye.D. Teoretyko-metodologichni osnovy zabezpechennya natsionalnoyi bezpeky Ukrainy. Monograf. T. 4. // Za zag. red. Ye.D. Skullysha. K.: Nauk.-vyd. viddil NA SB Ukrainy. 2012. 464 p.

9. Bogdanovych, V.Yu., Svyda, I.Yu., Romanchenko, I.S., Syrotenko, A.M. and Dublyan, O. V. Metodologiya kompleksnogo vykorystannya viyskovykh i neviyskovykh syl ta zasobiv sektoru bezpeky i oborony dlya protydyi suchasnym zagrozam voyennyi bezpetsi Ukrainy. Monograf. Vyd. 2-ge. Kyiv: NUOU. 2021. 364 p.

10. Reznikova O.O. Natsionalna stiykist v umovah minlyvogo bezpekovogo seredovyscha : Monograf. / Kyiv : NISD, 2022. 532 p.

D.Tech.S. Bogdanovych V.Y., Ph.D. Muzhenko V.M., Ph.D. Tsybizov A.L.

COUNTERACTION TO THE NEGATIVE TENDENCIES OF THE MILITARY-POLITICAL SITUATION, DIRECTED TO THE CHANGE OF POLITICAL REGIME IN THE CHOSEN COUNTRY-TARGET

The state system is a main target on that first of all forces and facilities of country-aggressor take aim for realization of the geopolitical interests in order to transform the world order. To protect the state system, namely to prevent the violent change of the ruling regime, it is needed to save socio-political stability in a country.

It is shown in the article, that by basic direction of counteraction to the negative tendencies of the military-political situation, directed to the change of the political regime in the chosen country-target, regardless of what type of its political system is functioning and what a political course this system is realizing, activity of state authority as a final result have to be inferior to the aims of conservation of stability of controlled socio-political processes.

Stability gives an opportunity to increase of controllability of public processes, that is why it can be considered integral description not only of political regime but also of social order on the whole. As political institutes, being original continuation and fixing of social norms and relations, first of all are called to put in order public relations, achievement by them political stability acquires exceptional value of the state activity.

It is concluded that in the first approaching stability of the political system can be investigated by means of two used models: model of steady stability and model of unsteady stability, that gives an opportunity to choose as a criteria in providing of national safety the level of socio-political stability and the level of socio-political instability in the state. During the strategies researching which are oriented to the change of the ruling regime through immersion in chaos or leading out of country-target on the edge of chaos, the most informative criteria is a level of socio-political instability in the state-target.

Keywords: military-political situation, socio-political stability, steady development, change of the regime, chaos, national safety.

ЧАСТКОВА МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ З ВОГНЕВОЇ ПІДГОТОВКИ У ГРОМАДЯН УКРАЇНИ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА ПРОГРАМОЮ ПІДГОТОВКИ ОФІЦЕРІВ ЗАПАСУ

Повномасштабна збройна агресія Російської Федерації проти України та потреба сил безпеки та оборони України у якісно підготовлених офіцерських кадрах підтвердила необхідність впровадження нових підходів до формування структури і змісту військової підготовки громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу. Зазначене вимагає обґрунтованого підходу до питань удосконалення їх підготовки, що не можливо без використання відповідного науково-методичного апарату з оцінювання рівня їх компетентностей з вогневої підготовки.

На основі наявного науково-методичного апарату з оцінювання ефективності підготовки та досвіду проведення вогневої підготовки на кафедрах військової підготовки у вищих військових навчальних закладах (військових навчальних підрозділах закладів вищої освіти), у статті викладено часткову методику оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, яку побудовано на основі розрахунку багатокритеріальної безрозмірної оцінки, що дає змогу не тільки оцінити їх результати з вогневої підготовки, але й врахувати їх фізичну і психологічну підготовленість, що суттєво впливають на вміння і ефективне застосування ними штатної зброї. До показників, які здійснюють безпосередній вплив на рівень компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу віднесено: рівень навченості з вогневої підготовки, рівень фізичної підготовленості, рівень психологічної підготовленості.

Оцінка рівня навченості з вогневої підготовки розраховується за залежністю, яка враховує рівень знань, умінь та навичок громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу з модуля “Стрілецька зброя та вогнева підготовка”.

Оцінка рівня фізичної підготовленості громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу визначається за результатами практичного виконання ними фізичних вправ відповідно до нормативів, установлених інструкцією з фізичної підготовки в системі Міністерства оборони України.

Оцінка рівня психологічної підготовленості громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу розраховується за залежністю, яка враховує їх психологічну стійкість та готовність.

Зазначена часткова методика дозволяє провести кількісну оцінку рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, а також виявити проблемні питання у ході її організації та проведення, що зумовлює необхідність розроблення рекомендацій з удосконалення вогневої підготовки. Результати проведеного дослідження можуть бути використані під час оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, а також у ході подальших досліджень з даного напрямку у наукових установах.

Ключові слова: компетентність; вогнева підготовка; методика оцінювання; навченість; фізична підготовленість; психологічна підготовленість.

Вступ та постановка проблеми. Досвід застосування військових частин (підрозділів) Збройних Сил (ЗС) України у ході проведення антитерористичної операції, операції Об’єднаних сил та відсічі повномасштабної збройної агресії Російської Федерації свідчить про те, що бойова діяльність військовослужбовців Збройних Сил України відбувається в екстремальних умовах зовнішнього середовища, за наявності значних фізичних і психологічних напружень, наростаючої втоми та інших несприятливих чинників бойової діяльності. У цьому випадку уміння користуватися зброєю і бойовою технікою, знання тактики ведення бойових дій являється недостатньою умовою для успішних дій військовослужбовця в бою. Система продуманої вогневої, фізичної та психологічної підготовки в значній мірі сприяє підвищенню

боездатності військ, забезпечує скорочення термінів і поліпшення якості підготовки військовослужбовців при оволодінні різними видами стрілецької зброї та бойової техніки, для забезпечення надійності управління нею в складних умовах. Разом з тим, уміння і навички долати несприятливі чинники, що супроводжують бойову діяльність потрібно формувати ще до початку бойових дій [1].

Вогнева підготовка є одним з найбільш важливих елементів успішного ведення бойових дій. Як відомо, вогонь з озброєння підрозділу є основним засобом вогневого ураження противника в усіх видах бою. Саме ефективне управління вогнем підрозділу та ведення влучного вогню і є основним завданням модуля “Стрілецька зброя та вогнева підготовка”, що проводиться у ході підготовки громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу.

З появою нових та модернізацією старих зразків стрілецької зброї, форм і способів застосування військ (сил), засобів збройної боротьби і тактики дій, зміни діапазону та змісту завдань, до виконання яких залучаються військові частини (підрозділи) змінилися умови, в яких військовослужбовці можуть застосовувати стрілецьку зброю, у зв’язку з чим значно підвищилися вимоги до рівня її володіння і застосування в різноманітних умовах. Усе це спонукає до пошуку та реалізації нових підходів щодо проведення вогневої підготовки з громадянами України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу.

Недосконалість існуючого науково-методичного апарату з оцінювання ефективності підготовки та неможливість його повноцінного застосування для оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, спонукає до удосконалення науково-методичного апарату та обґрунтування запропонованих змін. Таким чином існує потреба у науковому обґрунтуванні часткової методики оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу. Зазначене свідчить про актуальність теми, яка розглядається.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз попередніх досліджень та публікацій з даного напрямку [2 - 10] свідчить про те, що єдиного підходу до оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу не існує. Підходи, які розглядаються, стосуються переважно деяких складових компетентностей військовослужбовців і потребують удосконалення. Так, у роботі [2] був визначений підхід до оцінювання рівня підготовленості танкової бригади у ході відновлення боездатності, у якому висвітлено лише порядок оцінювання військовослужбовців за рівнем їх знань та умінь з предметів навчання. Запропоновані в роботі [3] аналітичні залежності дозволяють оцінити ефективність індивідуальної підготовки офіцерського складу науково-педагогічних працівників у вищих військових навчальних закладах. Стаття [4] присвячена оцінюванню компетентностей військовослужбовців змінного (сержантського та рядового) складу навчальних центрів. Методичний підхід у роботі [5] не враховує рівень навичок військовослужбовців, а також їх психологічну підготовленість. Запропонований у роботі [6] методичний підхід дозволяє оцінити лише мотивацію військовослужбовців Збройних Сил України. У статті [7] розглянуто підхід до оцінювання рівня початкової компетентності громадян для проходження військової підготовки за програмою підготовки офіцерів запасу. Методичний підхід у роботі [8] не враховує рівень психологічної стійкості і психологічної готовності військовослужбовців. У статтях [9 - 10] викладено часткові методики оцінювання рівня навченості органів управління військових частин та стану індивідуальної підготовки військовослужбовців в органах військового управління.

У той же час, розроблений попередниками науково-методичний апарат є базовою основою для подальшого удосконалення та може бути використаний частково під час оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу.

Виклад основного матеріалу. Оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу здійснюється комісією по завершенню вивчення модуля “Стрілецька зброя та вогнева

підготовка” під час підсумкового контролю. В ході підсумкового контролю перевіряються та оцінюються набуті громадянами сукупні знання, уміння, навички в обсязі програми вогневої підготовки та враховуються їх найбільш важливі особисті якості, що впливають на виконання обов’язків за посадами відповідної військово-облікової спеціальності. Перелік питань, які виносяться на підсумковий контроль визначається комісією.

Для розрахунку кількісного оцінки рівня компетентностей з вогневої підготовки використовуємо величину $L_K(t)$, яка характеризує здатність (спроможність) громадян використовувати бойові властивості стрілецької зброї, гранатометів та гранат під час ведення бою (бойових дій) та управляти вогнем підпорядкованих і приданих підрозділів (вогневих засобів) під час виконання бойових завдань.

До показників, що характеризують рівень компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу пропонується віднести: рівень навченості з вогневої підготовки $C_H(t)$, рівень фізичної підготовленості $C_{ФП}(t)$ та рівень психологічної підготовленості $C_{ПП}(t)$.

Так, як навченість з вогневої підготовки не залежить від фізичної та психологічної підготовленості, а отже і їх показники не залежні один від одного, то для оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу пропонується використовувати адитивну агрегацію:

$$L_K(t) = C_H(t) \cdot q_H + C_{ФП}(t) \cdot q_{ФП} + C_{ПП}(t) \cdot q_{ПП}, \quad (1)$$

де q_H , $q_{ФП}$, $q_{ПП}$ – вагові коефіцієнти важливості показників $C_H(t)$, $C_{ФП}(t)$, $C_{ПП}(t)$.

Оцінювання рівня навченості з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу $C_H(t)$ пропонується здійснювати за функціональною залежністю, яка враховує рівень його знань, умінь і навичок з вогневої підготовки:

$$C_H(t) = \sum_{k=1}^3 T_k(t) \cdot q_k, \quad (2)$$

де $T_k(t)$ – показник, який характеризує рівень засвоєння громадянами України програми з модуля “Стрілецька зброя та вогнева підготовка” на дискретний момент часу: “знання” $T_{зк}(t)$, “уміння” $T_{ук}(t)$, “навички” $T_{нк}(t)$;

q_k – вагові коефіцієнти показників $T_k(t)$.

Показник, який характеризує рівень знань громадян України з вогневої підготовки $T_{зк}(t)$ пропонується розраховувати за результатами тестування. Загальна кількість питань у тестах повинна забезпечувати об’єктивну та всебічну оцінку їх рівня знань.

Оцінка рівня знань громадян України з вогневої підготовки $T_{зк}(t)$ визначається за виразом:

$$T_{зк}(t) = \frac{A_o(t)}{A_{\max}}, \quad (3)$$

де $A_o(t)$ – кількість балів отримана громадянами України за результатами тестування на дискретний момент часу;

$A_{\max}$ – максимальна кількість балів, яку можливо отримати за результатами тестування.

Показник, який характеризує рівень умінь громадян України з вогневої підготовки $T_{ук}(t)$ визначається за результатами виконання практичних (ситуаційних) завдань. Зміст та кількість завдань має враховувати його функціональне призначення відповідно до військово-

облікової спеціальності на яку він навчається. Оцінка за виконання практичних (ситуаційних) завдань визначається відповідно до вимог настанов, керівництв, посібників, стандартів підготовки (операційних (технологічних) карт).

Оцінка рівня умінь громадян України з вогневої підготовки $T_{jk}(t)$ визначається за виразом:

$$T_{jk}(t) = \frac{X_o(t)}{X_{\max}}, \quad (4)$$

де $X_o(t)$ – кількість балів за виконання практичних (ситуаційних) завдань на дискретний момент часу;

$X_{\max}$ – максимальна кількість балів, яку можливо отримати за виконання практичних (ситуаційних) завдань.

Показник, який характеризує рівень навичок громадян України з вогневої підготовки, визначається за результатами виконання ними вправ стрільб (нормативів). Зміст та кількість вправ стрільб (нормативів) має враховувати його функціональне призначення відповідно до військово-облікової спеціальності на яку він навчається. Оцінка за виконання вправ стрільб (нормативів) визначається відповідно до вимог курсу стрільб, збірників нормативів та стандартів підготовки.

Оцінка рівня навичок громадян України з вогневої підготовки $T_{nk}(t)$ визначається за виразом:

$$T_{nk}(t) = \frac{Y_o(t)}{Y_{\max}}, \quad (5)$$

де $Y_o(t)$ – кількість балів отримана громадянином за виконання вправ стрільб (нормативів) з вогневої підготовки на дискретний момент часу;

$Y_{\max}$ – максимальна кількість балів, яку можливо отримати за виконання вправ стрільб (нормативів) з вогневої підготовки.

Оцінювання рівня фізичної підготовленості громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу $C_{\phi\Omega}(t)$ пропонується здійснювати у відповідності до Інструкції з фізичної підготовки в системі Міністерства оборони України [11] за основними вправами, по яких оцінюється їх загальний фізичний стан: вправи на спритність, вправи на силу, вправи на витривалість і визначається за сумою балів, які вони отримали.

Тому, оцінку рівня фізичної підготовленості громадянина $C_{\phi\Omega}(t)$ приводимо до безрозмірної величини за допомогою виразу:

$$L_{\phi n}(t) = \frac{Q_o(t)}{Q_{\max}}, \quad (6)$$

де $Q_o(t)$ – кількість отриманих балів за виконання фізичних вправ на дискретний момент часу;

$Q_{\max}$ – максимальна кількість балів, яку можливо отримати за результатами виконання фізичних вправ.

Оцінювання рівня психологічної підготовленості громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу $C_{\Pi\Pi}(t)$ пропонується здійснювати за функціональною залежністю, визначати за показниками, яка враховує їх психологічну стійкість та психологічну готовність. Так, як зазначені показники не залежні один від одного, то для оцінювання психологічної підготовленості пропонується використовувати адитивну агрегацію:

$$C_{\Pi\Pi}(t) = P_{nc}(t) \cdot q_{nc} + P_{nz}(t) \cdot q_{nz}, \quad (7)$$

де $P_{nc}(t)$ – показник, який характеризує рівень психологічної стійкості громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу на дискретний момент часу;

$P_{nz}(t)$ – показник, який характеризує рівень психологічної готовності громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу на дискретний момент часу;

q_{nc}, q_{nz} – вагові коефіцієнти важливості показників $P_{nc}(t), P_{nz}(t)$.

Оцінку рівня психологічної стійкості громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу $P_{nc}(t)$ пропонується визначати за допомогою методики, яку наведено у роботі [12]. За визначеною методикою оцінюється рівень сформованості соціально-психологічних умов психологічної стійкості: ОПТИМАЛЬНИЙ – ≥ 5 балів; ЗАДОВІЛЬНИЙ – $\geq 3,5 < 4$ балів; КРИТИЧНИЙ – $\geq 3 < 3,5$ балів; ДЕСТРУКТИВНИЙ – < 3 балів.

Зазначений показник оцінюється в балах, тому його значення приводимо до безрозмірної величини за допомогою виразу:

$$P_{nc}(t) = \frac{Z_o(t)}{Z_{\max}}, \quad (8)$$

де $Z_o(t)$ – кількість балів отримана громадянином за результатами виконання тесту на дискретний момент часу;

$Z_{\max}$ – максимальна кількість балів, яку можливо отримати за результатами виконання тесту.

Оцінку рівня психологічної готовності громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу $P_{nz}(t)$ пропонується визначати за результатами проходження маршруту навчально-тренувального комплексу психологічної підготовки. У залежності від отриманого результату визначається їх психологічна готовність до виконання поставлених завдань в умовах дії психотравмуючих чинників сучасного бою: ГОТОВИЙ – 50-60 балів; ОБМЕЖЕНО ГОТОВИЙ – 40-49 балів; ЧАСТКОВО ГОТОВИЙ – 30-39 балів; НЕ ГОТОВИЙ – < 30 балів.

Зазначений показник оцінюється в балах, тому його значення приводимо до безрозмірної величини за допомогою виразу:

$$P_{nz}(t) = \frac{S_o(t)}{60}, \quad (9)$$

де $S_o(t)$ – кількість балів отримана громадянином за результатами проходження маршруту навчально-тренувального комплексу психологічної підготовки на дискретний момент часу;

60 – максимальна кількість балів, яку можливо отримати за результатами проходження маршруту навчально-тренувального комплексу психологічної підготовки.

Розрахунок вагових коефіцієнтів важливості показників усіх рівнів здійснюється методом експертного оцінювання.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. Таким чином, у статті наведено часткову методику оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, яку побудовано на основі розрахунку багатокритеріальної безрозмірної оцінки, що дає змогу не тільки оцінити їх результати з вогневої підготовки, але й врахувати їх фізичну і психологічну підготовленість, що суттєво впливає на вмiле і ефективне застосування ними штатної зброї.

Дана часткова методика дозволяє провести кількісну оцінку рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів

запасу, а також виявити проблемні питання у ході її організації та проведення, що зумовлює необхідність розроблення рекомендацій з удосконалення вогневої підготовки. Результати проведеного дослідження можуть бути використані під час оцінювання рівня компетентностей з вогневої підготовки у громадян України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, 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 вогневої підготовки з громадянами України, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу у вищих військових навчальних закладах або у військових навчальних підрозділах закладів вищої освіти.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Методичні рекомендації з організації підготовки військовослужбовців за бойовою армійською системою : [навч.-метод. посібник] / О.В. Гуляк, І.Ф. Беловодов, А.В. Гончарук, О.А. Десятка, С.В. Іванов, І.А. Костюшко, В.М. Ливар, А.О. Набока, А.М. Нікітін, І.С. Овчарук, О.М. Ольховий, І.І. Павелко, К.М. Сидорченко, М.В. Тверезовський, С.А. Терентьев, В.П. Ягодзінський. І.С.– Одеса : Військова академія, 2020. – 166 с.
2. Георгадзе О.А., Харабара В.І. (2019). Часткова методика оцінювання рівня підготовленості танкової бригади у ході відновлення боєздатності. *Journal of Scientific Papers “Social development and security”*. Vol. 9. No 4. С. 131–142. <https://doi.org/10.33445/sds.2019.9.4.10>.
3. Георгадзе О.А., Пампуха І. В., Шевчук В. В., Пехота С. Г., Чайковська О. Є. (2022). 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*. Київ, 2022. № 76. С. 130–138. <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2022/76-11>.
4. Vynokurov D.V., Heorhadze O.A. (2020). Partial methodology for assessing the younger specialists competence level in the training center. *Journal of Scientific Papers “VUZF REVIEW”*. Vol. 5. № 1. P. 50–53. <https://doi.org/10.38188/2534-9228.20.1.07>.
5. Piekhota S.G., Heorhadze O.A., Kharabara V.I. (2021). Partial methodology for assessing the level of learning of tactical aviation brigade personnel. *Political Science and Security Studies Journal*. Vol. 2. № 1. P. 68–73. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4818549>.
6. Гром В.А., Георгадзе О.А., Якименко І.В. (2016). Методичний підхід до оцінювання рівня мотивації військовослужбовців Збройних Сил України. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського*. № 2 (57). С. 67 – 70. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2016-2-57/67-70>.
7. Heorhadze O., Kamalov Y. (2020). 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*. Vol. 1. № 2. P. 90–97. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4521176>.
8. Винокуров Д.В. (2022). Методичний підхід щодо оцінювання рівня компетентностей змінного складу навчального центру. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. № 2 (44). С. 69–73. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-44-2-69-73>.
9. Георгадзе О.А., Макаліш О.В. (2016). Методичний підхід до оцінювання рівня навченості органів військового управління тактичного рівня. *Збірник наукових праць Центру військово-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського*. № 3 (58). С. 104 – 108. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2016-3-58/104-108>.
10. Салаш О.А., Георгадзе О.А. (2022). 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>.
11. Наказ Міністерства оборони України від 05.08.2021 роу №225 “Про затвердження Інструкції з фізичної підготовки в системі Міністерства оборони України”.
12. Організація психологічної підготовки у Збройних Силах України: навч.-метод. посіб./ За редакцією генерал-майора В. Клочкова.– К.: НДЦ ГП ЗС України, 2023. – 325 с.

REFERENCES:

1. Metodychni rekomendatsiy z orhanizatsiyi pidhotovky viyskovosluzhbovtziv za boyovoyu armiyskoyu systemoyu: [navch.-metod. posibnyk] / O.V. Hulyak, I.F. Belovodov, A.V. Honcharuk, O.A. Desyatka, S.V. Ivanov, I.A. Kostyushko, V.M. Lyvar, A.O. Naboka, A.M. Nikitin, I.S. Ovcharuk, O.M. Olkhovyy, I.I. Pavelko, K.M. Sydorchenko, M.V. Tverezovskyy, S.A. Terentyev, V.P. Yahodzinskyy. I.S.– Odesa: Viyskova akademiya, 2020. – 166 p.
2. Georgadze O.A., Harabara V.I. (2019). Chastkova metodika otsinyuvannya 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>.
3. Georgadze O.A., Pampukha I.V., Shevchuk V.V., Pehota S. G., Chaikovska O. Ie. (2022). Metodychnyy pidkhid do otsinyuvannya efektyvnosti indyvidualnoyi pidhotovky ofiterskoho skladu naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv u vyshchykh viyskovykh navchalnykh zakladakh. Zbirnyk naukovykh prats viyskovoho instytutu Kyivskoho Natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Kyiv, 2022. № 76. S. 130–138. <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2022/76-11>.
4. Vynokurov D.V., Heorhadze O.A. (2020). Partial methodology for assessing the younger specialists competence level in the training center. Journal of Scientific Papers “VUZF REVIEW”. Vol. 5. № 1. P. 50–53. <https://doi.org/10.38188/2534-9228.20.1.07>.
5. Piekhota, S., Heorhadze, O., Kharabara, V. (2021). Partial methodology for assessing the level of learning of tactical aviation brigade personnel. Political Science and Security Studies Journal, Vol. 2. # 1. Pp. 68-73. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4818549>.
6. Hrom V.A., Heorhadze O.A., Yakymenko I.V. (2016). Metodychnyy pidkhid do otsinyuvannya rivnya motyvatsiyi viyskovosluzhbovtziv Zbroynykh Syl Ukrayiny. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voyenno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrayiny imeni Ivana Chernyakhovskoho. № 2 (57). Pp. 67 – 70. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2016-2-57/67-70>.
7. 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. Vol. 1. # 2. – 2020 – Pp. 90 –97. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4521176>.
8. Vynokurov D.V. (2022). Metodychnyy pidkhid shchodo otsinyuvannya rivnya kompetentnostey zminnoho skladu navchalnoho tsentru. Suchasni informatsiyi tekhnolohiyi u sferi bezpeky ta oborony. № 2 (44). Pp. 69–73. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-44-2-69-73>.
9. Heorhadze O.A., Makalish O.V. (2016). Metodychnyy pidkhid do otsinyuvannya rivnya navchenosti orhaniv viyskovoho upravlinnya taktychnoho rivnya. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru viyskovo-stratehichnykh doslidzhen Natsiona'noho universytetu oborony Ukrayiny imeni Ivana Chernyakhovskoho. № 3 (58). Pp. 104 – 108. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2016-3-58/104-108>.
10. Salash O.A., Heorhadze O.A. (2022). Chastkova metodyka otsinyuvannya stanu indyvidualnoyi pidhotovky viyskovosluzhbovtziv v orhanakh viyskovoho 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>.
11. Nakaz Ministerstva oborony Ukrayiny vid 05.08.2021 No №225 “Pro zatverdzhennya Instruktsiyi z fizychnoyi pidhotovky v systemi Ministerstva oborony Ukrayiny”.
12. Orhanizatsiya psykholohichnoyi pidhotovky u Zbroynykh Sylakh Ukrayiny: navch.-metod. posib./ Za redaktsiyeyu heneral-mayora V. Klochkova.– K.: NDTs HP ZS Ukrayiny, 2023. – 325 p.

PhD Heorhadze O.A., Petrov V.A.

PARTIAL METHODOLOGY FOR ASSESSING THE LEVEL OF FIRE TRAINING COMPETENCES OF CITIZENS OF UKRAINE WHO ARE TRAINING UNDER THE TRAINING PROGRAM FOR RESERVE OFFICERS

The full-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine and the need of the security and defense forces of Ukraine for well-trained officers confirmed the need to introduce new approaches to the formation of the structure and content of the military training of Ukrainian citizens studying under the reserve officer training program. This requires a reasonable approach to the issues of improving their training, which is not possible without the use of the appropriate scientific and methodological apparatus for assessing the level of their competence in fire training.

On the basis of the existing scientific and methodological apparatus for evaluating the effectiveness of training and the experience of conducting fire training at departments of military training in higher military educational institutions (military educational units of higher education institutions), the article

describes a partial methodology for assessing the level of competence in fire training among citizens of Ukraine who are studying under the training program for reserve officers, which is built on the basis of the calculation of a multi-criteria dimensionless assessment, which allows not only to evaluate their results in fire training, but also to take into account their physical and psychological readiness, which significantly affects their skillful and effective use of standard weapons. Indicators that have a direct impact on the level of fire training competencies of Ukrainian citizens studying under the reserve officer training program include: level of training in fire training, level of physical fitness, level of psychological fitness.

The assessment of the level of training in fire training is calculated according to a dependency that takes into account the level of knowledge, skills and abilities of citizens of Ukraine who are studying under the training program for reserve officers from the module "Military weapons and fire training".

The assessment of the level of physical fitness of citizens of Ukraine studying under the reserve officer training program is determined by the results of their practical performance of physical exercises in accordance with the standards established by the manual on physical training in the system of the Ministry of Defense of Ukraine.

The assessment of the level of psychological preparedness of citizens of Ukraine, who are studying under the reserve officer training program, is calculated according to the dependence that takes into account their psychological stability and readiness.

The indicated partial methodology allows for a quantitative assessment of the level of fire training competencies of Ukrainian citizens studying under the reserve officer training program, as well as to identify problematic issues during its organization and implementation, which necessitates the development of recommendations for improving fire training. The results of the conducted research can be used during the assessment of the level of fire training competences of citizens of Ukraine who are studying under the reserve officer training program, as well as in the course of further research in this direction in scientific institutions.

Keywords: competence; fire training; assessment methodology; education; physical preparedness; psychological preparedness.

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОЇ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

Ця стаття зосереджується на аналізі стратегій та методів формування і розвитку кадрового потенціалу, з особливим акцентом на військовій сфері в Україні. Вона охоплює дослідження наукових праць вітчизняних вчених та військових експертів, які висвітлюють різні аспекти кадрової політики, включаючи загальні проблеми та специфічні виклики, пов'язані з формуванням кадрів у Збройних Силах України. Особлива увага приділяється якості вищої військової освіти, використанню компетентнісного підходу, інноваційних педагогічних технологій та сучасних методів навчання. У статті також висвітлено важливість цих аспектів у контексті національної безпеки та обороноздатності України. Завдяки детальному аналізу та обговоренню стаття сприяє розумінню того, як удосконалити процес підготовки офіцерів, який є критично важливим для збереження та розвитку ефективних Збройних Сил країни. У статті також наголошується на необхідності інтеграції теоретичних знань і практичних навичок у процесі військової освіти, що є важливим для адаптації до швидкозмінних умов сучасного військового середовища. Також розглядаються виклики та перспективи розвитку кадрового потенціалу, зокрема в контексті міжнародного досвіду та стандартів. Автори підкреслюють важливість постійного оновлення курсів і навчальних програм для забезпечення високого рівня професійної підготовки. Особливу увагу в статті приділено аналізу сучасних підходів до військової педагогіки та психології, які відіграють ключову роль у формуванні ефективних та адаптивних військових керівників. Автори висвітлюють, як ці аспекти впливають на загальну ефективність збройних сил та їх здатність виконувати завдання в умовах сучасних конфліктів. У висновках статті подано цінні рекомендації для політиків, військових педагогів і керівників, наголошено на необхідності постійного розвитку та вдосконалення системи військової освіти та кадрової політики. Це сприятиме підвищенню готовності та професіоналізму Збройних Сил України, а також забезпеченню їх здатності ефективно реагувати на сучасні виклики національній та міжнародній безпеці.

Ключові слова: кадрова політика, військова освіта, Збройні Сили України, військова кадрова політика, обороноздатність.

Вступ та постановка проблеми У сучасному світі, де безпекові виклики та геополітичні реалії постійно змінюються, кадрова політика у збройних силах набуває особливого значення. Для України, країни, яка переживає значні військові та політичні випробування, розробка та впровадження ефективної кадрової політики є ключовим аспектом національної безпеки та обороноздатності. Україна знаходиться у вирі геополітичних конфліктів, що вимагає від Збройних Сил високого рівня готовності та адаптивності. Україна активно працює над реформуванням своїх Збройних Сил, щоб відповідати стандартам НАТО, що включає зміни в кадровій політиці. Швидкий розвиток технологій змінює характер ведення війни, що вимагає нових навичок та компетенцій від військовослужбовців. Важливість забезпечення морально-психологічного клімату в армії, що впливає на ефективність виконання завдань. Враховуючи ці аспекти, дослідження особливостей кадрової політики у Збройних Силах України є важливим для розуміння того, як країна може ефективно реагувати на сучасні виклики та забезпечувати свою обороноздатність [1 - 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій Наукові роботи українських вчених, таких як Л. Беззубка, Б. Беззубка, Г. Гозуватенка, І. Дашко, О. Євсюков, О. Овчарук, Н. Сокур, В. Циба та інших, зосереджені на ключових аспектах розвитку кадрового потенціалу. В контексті Збройних Сил України, важливі стратегії щодо цієї теми висвітлені в Стратегічному оборонному бюлетені

України, Концепції військової кадрової політики, а також у працях відомих військових експертів, включаючи О. Загорку, І. Кириченка, В. Мірненка, С. Попова, І. Руснака, В. Телелима, Р. Тимошенка, П. Щипанського. Основна увага в цих дослідженнях приділяється національній безпеці, обороноздатності та підготовці офіцерських кадрів [5, 7, 10].

Також, проблематика якості вищої військової освіти досліджується в роботах військових педагогів і психологів, таких як О. Боднар, Л. Олійник, В. Осьодлю, С. Салкуцан, Ю. Приходько, В. Свистун, О. Хміляр, О. Тракалюк, Штанько та інших. В цих дослідженнях аналізуються теоретичні та методологічні основи вищої військової освіти, з акцентом на компетентнісний підхід, інноваційні педагогічні технології та сучасні методи навчання. Вивчення цих праць сприяє розробці наукових методів для подальшого розвитку процесу підготовки офіцерських кадрів у сфері професійної військової освіти в Україні [4, 8 - 10, 12].

Дослідження комплексного підходу в управлінні персоналом присвячені Ю. Костенко, С. Попова, І. Пастернака, І. Москальова О. Розмазніна,. Автори в своїх роботах виділяють людиноцентричний підхід та розглядають основні концепції кадрової політики в оборонній сфері нашої держави. [9, 10, 12].

Мета статті полягає у дослідженні та аналізі ключових стратегій та підходів до формування та розвитку кадрового потенціалу, з особливим акцентом на військовій сфері в Україні.

Виклад основного матеріалу Кадровий потенціал Збройних Сил України є одним із ключових факторів їхньої боєздатності та готовності до виконання завдань щодо захисту країни. Тому кадрова політика є одним із пріоритетних напрямів реформування Збройних Сил.

Сучасна кадрова політика Збройних Сил України спрямована на створення професійного, боєздатного, мобільного, якісно підготовленого та всебічно забезпеченого особового складу. Вона базується на таких принципах:

Принцип законності та справедливості. Військовослужбовці мають право на гідну оплату праці, соціальні гарантії та можливості для реалізації свого професійного потенціалу.

Принцип професійності. Важливою умовою забезпечення боєздатності Збройних Сил є наявність у них висококваліфікованого особового складу, який має належний рівень підготовки та досвіду.

Принцип інноваційності. Збройні Сили повинні бути готові до застосування нових технологій і методів ведення бойових дій.

Основними завданнями кадрової політики Збройних Сил України є:

1. Формування необхідного складу особового складу відповідно до потреб Збройних Сил. Формування необхідного складу особового складу здійснюється шляхом:

1.1. Залучення до військової служби громадян, які мають відповідну освіту, професійні навички та мотивацію до проходження служби. Для цього у Збройних Силах України реалізується комплекс заходів, зокрема: роведення військово-патріотичного виховання молоді; впровадження системи контрактної служби; залучення до військової служби осіб з вищою освітою.

1.2. Розвитку системи військової освіти та підготовки. Військовослужбовці Збройних Сил отримують якісну освіту та підготовку, яка відповідає сучасним вимогам. Для цього у Збройних Силах України реалізується комплекс заходів, зокрема: розвиток системи військових навчальних закладів; впровадження системи післявузівської освіти та підготовки.

1.3. Удосконалення системи соціального захисту військовослужбовців. Військовослужбовці та члени їхніх сімей мають доступ до соціальних гарантій, які забезпечують гідний рівень життя. Для цього у Збройних Силах України реалізується комплекс заходів, зокрема: підвищення рівня грошового забезпечення військовослужбовців; забезпечення військовослужбовців та членів їхніх сімей житлом; розвиток системи охорони здоров'я для військовослужбовців [3].

2. Підготовка та підвищення кваліфікації особового складу. Підготовка та підвищення кваліфікації особового складу Збройних Сил здійснюється відповідно до вимог стандартів професійної військової освіти та підготовки. Ці стандарти визначаються Міністерством оборони України. Для ефективної підготовки та підвищення кваліфікації особового складу

необхідно постійно вдосконалювати систему військової освіти та підготовки, а також забезпечувати доступ військовослужбовців до сучасних навчальних матеріалів та технологій.

3. Забезпечення належного соціального захисту військовослужбовців. Від того, наскільки ефективно це завдання буде реалізовано, залежить мотивація військовослужбовців до проходження служби та їхня готовність до виконання завдань щодо захисту країни. Соціальний захист військовослужбовців включає в себе наступні напрями:

3.1. Грошове забезпечення. Грошове забезпечення є основним джерелом доходу військовослужбовців. Воно має забезпечувати гідний рівень життя військовослужбовців та членів їхніх сімей.

3.2. Житлове забезпечення. Житлове забезпечення є одним із важливих соціальних гарантій для військовослужбовців. Військовослужбовці мають право на отримання житла на умовах найму або безоплатної приватизації.

3.3. Медичне забезпечення. Медичне забезпечення військовослужбовців та членів їхніх сімей здійснюється за рахунок коштів Державного бюджету України.

3.4. Освітнє забезпечення. Діти військовослужбовців мають право на отримання дошкільної, загальної середньої та професійної освіти безоплатно.

3.5. Соціальний захист у разі поранення або загибелі. У разі поранення або загибелі військовослужбовця, його сім'я має право на отримання соціальних виплат та пільг [4].

4. Створення умов для мотивації військовослужбовців до проходження служби. Мотивація військовослужбовців до проходження служби визначається такими факторами:

4.1. Стратегічні інтереси України. Військовослужбовці повинні розуміти важливість своєї служби для захисту країни та її суверенітету.

4.2. Забезпечення належних умов для проходження служби. Військовослужбовці повинні мати можливість реалізувати свій професійний потенціал та кар'єрний ріст.

4.3. Соціальний захист військовослужбовців та членів їхніх сімей. Військовослужбовці повинні мати можливість забезпечити гідний рівень життя собі та своїм сім'ям.

4.4. Морально-психологічний клімат у Збройних Силах. Військовослужбовці повинні відчувати себе частиною єдиної команди, яка працює на спільну мету.

Для створення умов для мотивації військовослужбовців до проходження служби необхідно реалізувати сукупність заходів.

По-перше, популяризація військової служби. Необхідно формувати у молоді позитивне ставлення до військової служби та розуміння її важливості для захисту країни.

По-друге, вдосконалення системи військової освіти та підготовки. Військова освіта та підготовка повинні забезпечувати підготовку військовослужбовців до виконання сучасних завдань.

По-третє, підвищення рівня грошового забезпечення та соціального захисту військовослужбовців. Грошове забезпечення та соціальний захист повинні забезпечувати гідний рівень життя військовослужбовців та членів їхніх сімей.

По-четверте, створення сприятливого морально-психологічного клімату у Збройних Силах. Морально-психологічний клімат у Збройних Силах повинен сприяти реалізації професійного потенціалу військовослужбовців та їхній мотивації до проходження служби [5].

Для ефективного створення умов для мотивації військовослужбовців до проходження служби необхідно постійно вдосконалювати систему кадрової політики та вживати заходів щодо задоволення потреб військовослужбовців.

Для реалізації цих завдань у Збройних Силах України реалізується комплекс заходів, зокрема:

1. Вдосконалення системи комплектування Збройних Сил. З метою забезпечення Збройних Сил якісним особовим складом проводиться робота щодо залучення до військової служби громадян, які мають відповідну освіту, професійні навички та мотивацію до проходження служби.

2. Розвиток системи військової освіти та підготовки. Військовослужбовці Збройних Сил отримують якісну освіту та підготовку, яка відповідає сучасним вимогам.

3. Удосконалення системи соціального захисту військовослужбовців. Військовослужбовці та члени їхніх сімей мають доступ до соціальних гарантій, які забезпечують гідний рівень життя.

4. Створення умов для мотивації військовослужбовців до проходження служби. Військовослужбовцям надається можливість для реалізації свого професійного потенціалу, кар'єрного зростання та отримання конкурентоспроможних доходів.

Сучасна кадрова політика Збройних Сил України є ефективним інструментом забезпечення їхньої боєздатності та готовності до виконання завдань щодо захисту країни. Завдяки проведеним реформам у Збройних Силах України створено професійний, боєздатний, мобільний, якісно підготовлений та всебічно забезпечений особовий склад.

Серед особливостей сучасної кадрової політики Збройних Сил України можна виділити такі що висвітлено в публічному матеріалі 1.

Таблиця 1

Деякі особливості сучасної кадрової політики Збройних Сил України

№	Особливості	Суть рішення
1	Орієнтація на професійність	Одним із пріоритетних завдань кадрової політики є формування професійного особового складу, який має належний рівень підготовки та досвіду. Для цього у Збройних Силах України реалізується комплекс заходів, щодо вдосконалення системи військової освіти та підготовки, а також залучення до військової служби громадян, які мають відповідну освіту та професійні навички.
2	Інноваційність.	Збройні Сили повинні бути готові до застосування нових технологій і методів ведення бойових дій. Для цього у Збройних Силах України проводиться робота щодо впровадження інноваційних підходів до кадрового забезпечення.
3	Спрямованість на мотивацію	Важливою умовою забезпечення боєздатності Збройних Сил є мотивація військовослужбовців до проходження служби. Для цього у Збройних Силах України надається можливість для реалізації професійного потенціалу, кар'єрного зростання та отримання конкурентоспроможних доходів.

Джерело: сформовано авторами за [6]

Сучасна кадрова політика Збройних Сил України є важливим фактором забезпечення їхньої готовності до виконання завдань щодо захисту країни. Завдяки проведеним реформам у Збройних Силах України створено професійний, боєздатний, мобільний, якісно підготовлений та всебічно забезпечений особовий склад. Це є запорукою успішного виконання Збройними Силами України своїх завдань у захисті країни.

Висновки. Сучасна кадрова політика Збройних Сил України є важливим фактором забезпечення їхньої готовності до виконання завдань щодо захисту країни. Завдяки проведеним реформам у Збройних Силах України створено професійний, боєздатний, мобільний, якісно підготовлений та всебічно забезпечений особовий склад. Це є запорукою успішного виконання Збройними Силами України своїх завдань у захисті країни. Основними завданнями кадрової політики Збройних Сил України є: Формування необхідного складу особового складу відповідно до потреб Збройних Сил. Підготовка та підвищення кваліфікації особового складу. Забезпечення належного соціального захисту військовослужбовців. Створення умов для мотивації військовослужбовців до проходження служби.

Стаття підкреслює важливість комплексного підходу до формування та розвитку кадрового потенціалу, особливо в контексті військових сил України. Аналіз наукових праць вітчизняних вчених і військових експертів виявив різноманітність підходів та методів, які можуть бути використані для підвищення ефективності кадрової політики. Підкреслено, що розвиток кадрового потенціалу є ключовим для забезпечення національної безпеки та обороноздатності України. Важливість цього аспекту особливо актуальна у контексті сучасних викликів та загроз.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Kapoor, A., & Sharma, S. (2022). Public Audit and Resource Allocation: Ensuring Effective Use of Government Funds. *Public Finance Review*, 50(4), 401-423.
2. Greenfield, L., & Peters, J. (2021). Strengthening Democracy through Public Audit: A Theoretical Exploration. *Journal of Democratic Processes*, 18(2), 165-181.
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. Красота І., Тракалюк О., Штанько В. Досвід реформування системи кадрового менеджменту у Збройних силах України. *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2018. № 1. С. 63–77.
5. Коваль О. Удосконалення кадрової політики у Збройних силах України. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2017. № 4 (35). С. 163–173.
6. Концепція військової кадрової політики в системі Міністерства оборони України на період до 2028 року. URL: <https://www.mil.gov.ua/news/2023/11/05/rekruting-zamist-prizovu-rustem-umerov-zatverdiv-konczepczyu-vijskovoi-kadrovoi-politiki-minoboroni/>
7. Руснак, І. С., Телелим В. М. Оборонна реформа в Україні: основні підсумки та перспективи *Наука і оборона: науково-теоретичний та науково-практичний журнал/ Міністерство оборони України*, Національний університет оборони України імені Івана Черняховського. 2021р. № 1. С.4-12
8. Осьодло В. Методичні аспекти діагностики, формування й розвитку психологічної готовності до професійної діяльності. *Військово-спеціальні науки*. Київ: 2010. 24-25. С. 123-125.
9. Управління персоналом у Збройних Силах України: підручн. / колектив авторів. К.: НУОУ імені Івана Черняховського, 2022. 132 с.
10. Стоянова-Коваль, С., Попов, С., Розмазнін, О., Сокур, Н. (2023). Нова концепція військової кадрової політики: виклики та перспективи. *Social Development and Security*, 2023 13(6), 206-214. URL:<https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.6.17>
11. Формування нової парадигми військової освіти. П.В. Щипанський, Р.І. Тимошенко, С.М. Салкуцян. *Наука і оборона* 2017. № 2. С. 37-42. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/naui0_2017_2_8
12. Хміляр О., Москальов І., Іллющенко С., Вітченко А., Черевичний С., Сидоренко О., Кривець Л., Чорний В. Концепція лідерства за стандартами армій країн НАТО (Conception of leadership in accordance with the armies standards of NATO countries) : навчальний посібник. Київ: НУОУ ім. Івана Черняховського, 2018, 252 с
13. Якиминська Л., Пастернак І., Захаров А., & Бондаренко, О. (2023). Управління персоналом як елемент продовольчої безпеки в Збройних Силах України. *Social Development and Security*, 13(6), 150-158. URL: <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.6.13>

REFERENCES:

1. Kapoor, A., & Sharma, S. (2022). Public Audit and Resource Allocation: Ensuring Effective Use of Government Funds. *Public Finance Review*, 50(4), 401-423.
2. Greenfield, L., & Peters, J. (2021). Strengthening Democracy through Public Audit: A Theoretical Exploration. *Journal of Democratic Processes*, 18(2), 165-181.
3. Hozuvatenko H. (2016). Udoskonalennia systemy pidhotovky ta kariernoho zrostannia viiskovosluzhbovtziv 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. Krasota I., Trakaliuk O., Shtanko V. (2018). Dosvid reformuvannia systemy kadrovoho menedzhmentu u Zbroinykh sylakh Ukrainy. [Experience of reforming the personnel management system in the Armed Forces of Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. T. Shevchenka. Viiskovo-spetsialni nauky*. 2018. № 1. S. 63-77. [in Ukrainian]
5. Koval O. (2017). Udoskonalennia kadrovoi polityky u Zbroinykh sylakh Ukrainy. [Improvement of personnel policy in the Armed Forces of Ukraine]. *Derzhavne upravlinnia ta mistseve samovriaduvannia*. 2017. № 4 (35). S. 163-173. [in Ukrainian].
6. Ofitsiyni sait Ministerstva oborony Ukrainy (2023). Kontseptsiiu viiskovoi kadrovoi polityky Minoborony do 2028 roku. [The concept of military personnel policy in the system of the Ministry of Defense

of Ukraine for the period until 2028]. Available from : <https://www.mil.gov.ua/news/2023/11/05/rekruting-zamist-prizovu-rustem-umerov-zatverdiv-konczepczyu-vijskovoi-kadrovoi-politiki-minoboroni/> [in Ukrainian]

7. Rusnak, I. S., Telelym V. M. (2021). Defense reform in Ukraine: main results and prospects Science and defense: scientific-theoretical and scientific-practical journal / Ministry of Defense of Ukraine, National University of Defense of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky. 2021 № 1. P.4-12 [in Ukrainian]

8. Osjodlo V. (2010). Methodical aspects of diagnosis, formation and development of psychological readiness for professional activity. [Military special sciences. Kyiv] : 2010. 24-25. S. 123-125. [in Ukrainian]

9. Personnel management in the Armed Forces of Ukraine: textbook. (2022) / team of authors. – K.: Ivan Chernyakhovsky National University, 2022. 132 p. [in Ukrainian]

10. Stoyanova-Koval, S., Popov, S., Rozmaznin, O., Sokur, N. (2023). New concept of military personnel policy: challenges and prospects. Social Development and Security, 13(6), 206-214. <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.6.17> [in Ukrainian]

11. Formation of a new paradigm of military education. Science and defense (2017) P.V. Shchypanskyi, R.I. Tymoshenko, S.M. Salkutsan. 2017. № 2. P. 37-42. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/naui0_2017_2_8 [in Ukrainian]

12. Yakymynska, L., Pasternak, I., Zakharov, A., & Bondarenko, O. (2023). Personnel management as an element of food safety in the Ukrainian Armed Forces. Social Development and Security, 13(6), P.150-158. <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.6.13> [in Ukrainian]

13. Khmiljar O., Moskaljov I., Illjushhenko S., Vitchenko A., Cherevychnyj S., Sydorenko O., Krymecj L., Chornyj V. (2018). Koncepcija liderstva za standartamy armij krajiny NATO [Conception of leadership in accordance with the armies standards of NATO countries] : navchaljnyj posibnyk. Kyjiv : NUOU Ivana Chernjakhovskogho, 2018.252 p. [in Ukrainian]

PhD Iefimenko A., Dr. Sci. Prof. Popov S., PhD Rozmaznin O.,
Dr. Sci. Stoyanova-Koval S., PhD Sokur N.

FEATURES OF THE MODERN PERSONNEL POLICY IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE

This article focuses on the analysis of strategies and methods of formation and development of personnel potential, with a special emphasis on the military sphere in Ukraine. It covers the research of scientific works of domestic scientists and military experts, which highlight various aspects of personnel policy, including general problems and specific challenges related to the formation of personnel in the Armed Forces of Ukraine. Special attention is paid to the quality of higher military education, the use of the competence approach, innovative pedagogical technologies and modern teaching methods.

The article also highlights the importance of these aspects in the context of Ukraine's national security and defense capability. Through detailed analysis and discussion, the article contributes to the understanding of how to improve the process of officer training, which is critical to maintaining and developing an effective Armed Forces of the country. The article also emphasizes the need to integrate theoretical knowledge and practical skills in the process of military education, which is important for adaptation to the rapidly changing conditions of the modern military environment. Challenges and prospects for the development of personnel potential are also considered, in particular in the context of international experience and standards. The authors emphasize the importance of constantly updating courses and training programs to ensure a high level of professional training. Special attention is paid in the article to the analysis of modern approaches to military pedagogy and psychology, which play a key role in the formation of effective and adaptive military leaders. The authors highlight how these aspects affect the overall effectiveness of military forces and their ability to perform tasks in the conditions of modern conflicts. The article's conclusions provide valuable recommendations for policymakers, military educators, and leaders, emphasizing the need for continuous development and improvement of the military education system and personnel policy. This will contribute to increasing the readiness and professionalism of the Armed Forces of Ukraine, as well as ensuring their ability to effectively respond to modern national and international security challenges.

Keywords: personnel policy, military education, Armed Forces of Ukraine, military personnel policy, defense capability.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ МУРАШИНИХ КОЛОНІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНІВ БАГАТОФАКТОРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Стаття присвячена вивченню ефективності методу мурашиних колоній у контексті оптимізації планів багатофакторних експериментів. Автори ретельно проаналізували актуальні проблеми, що виникають у процесі оптимізації багатофакторних планів експериментів, проаналізували значну кількість методів оптимізації багатофакторних експериментів та обґрунтували необхідність розробки нових та більш продуктивних підходів для вирішення цих завдань. Основний акцент у статті робиться на методі мурашиних колоній, який вважається потужним та ефективним інструментом для швидкої та результативної оптимізації планів багатофакторних експериментів.

Стаття включає детальний опис алгоритму мурашиної колонії, схему його роботи та реалізацію методу мурашиних колоній у вигляді програми, яка написана мовою програмування C++. Автори наводять конкретні приклади застосування алгоритму в різних сферах, таких, як вихрострумний перетворювач, дослідження процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван та аналіз ділянки верстатобудівного цеху з числовим програмним управлінням.

У статті ретельно розглянуто продуктивність методу мурашиних колоній, зосереджуючись на його ефективності при великій кількості факторів експериментів, особливо при збільшенні кількості чинників та експериментів. Автори проводять аналіз точності результатів та наголошують на важливості ретельного вибору параметрів для досягнення оптимальних результатів досліджень. Завдяки цій статті вчені та практики знайдуть цінний інструмент для оптимізації та покращення результативності багатофакторних експериментів у різних галузях науки та промисловості.

Ключові слова: метод мурашиних колоній, дослідження, багатофакторний експеримент, програмне забезпечення, алгоритм, оптимізація, вимірювання.

Вступ. За зростанням вартості ресурсів та товарів, необхідність в оптимізації процесів виробництва стає все більш актуальною[1]. Кожна компанія прагне залишитися конкурентоспроможною, зменшити витрати та виробничу вартість продукції, збільшити продуктивність та ефективність. Це означає максимальну оптимізацію кожного етапу виробництва, починаючи з постановки завдань і закінчуючи випуском готової продукції. Тому питання оптимізації часу та витрат є ключовим в аналізі багатофакторних експериментів для вивчення процесів виробництва.

Це також породжує необхідність у пошуку найбільш ефективного методу оптимізації планів багатофакторних експериментів. Об'єктом нашого дослідження є процес оптимізації планів багатофакторних експериментів з точки зору вартісних та часових витрат. Предметом дослідження є метод мурашиної колонії для оптимізації вартісних та часових витрат планів багатофакторних експериментів та відповідне програмне забезпечення для його виконання. Основною метою нашого дослідження є розробка методу мурашиної колонії та відповідного програмного забезпечення, його впровадження для вивчення технологічних процесів та оцінка його ефективності.

Аналіз останніх досліджень. На сучасний момент, існує значна різноманітність методів оптимізації планів багатофакторних експериментів [2 - 7]. Для оптимізації цих планів можна застосовувати методи, описані в роботах [8 - 12]. Кожен із цих методів має свої плюси та мінуси, а також власну специфіку застосування. Більшість методів, які переважають при прагненні знайти матрицю планування, що найкраще наближена до оптимальної, зіштовхуються до проблеми погіршення точності рішення та збільшення обчислювальної потужності та часу, необхідного для обчислення оптимального плану експерименту, коли кількість факторів зростає.

Отже, виникає необхідність розробити метод, який дозволить працювати з більшим числом факторів, отримувати оптимальний план експерименту швидше та з меншими обчислювальними витратами. У цьому контексті розглядається можливість використання методу мурашиного алгоритму.

Основні матеріали дослідження У сучасному житті існує необхідність автоматизації та оптимізації планів багатофакторних експериментів [12]. При збільшенні кількості факторів та кількості експериментів більшість методів, які були розроблені раніше, починають давати велику похибку, або якщо брати для прикладу метод повного перебору, то ж час та обчислювальна потужність зростають в геометричній прогресії зі збільшенням кількості факторів. У зв'язку з цим, буде розроблений метод оптимізації мурашиної колонії для оптимізації планів багатофакторних експериментів. Цей метод дозволяє при малій обчислювальній потужності та незначному часі обчислювання отримувати хороші результати.

Алгоритм реалізації методу мурашиної колонії

Алгоритм методу мурашиної колонії використовується для розв'язання задач оптимізації та може бути реалізований наступними кроками.

Ініціалізація

Крок 1. Створення мурашиної колонії з кількістю мурах та іншими параметрами (кількість ітерацій, кількість мурах в кожній ітерації).

Крок 2. Розміщення мурах у випадкових позиціях відповідно до задачі.

Цикл ітерацій Для кожної ітерації (покоління) колонії:

Крок 3. Переміщення мурах. Кожна мураха вибирає наступний крок на основі розрахунку вартості переходу в будь-який рядок матриці. Наступним кроком обирається той рядок, перехід на який має найменшу вартість. На такий перехід наноситься феромон, який дорівнює одиниці, на всі інші варіанти переходу наноситься феромон, який дорівнює 0.

Крок 4. Після виконання переходу, мураха знову проводить розрахунок вартості переходу в кожному наступному рядку, крім тих в яких мураха вже була. Нанесення феромону відбувається за схожим алгоритмом, що і в кроку 3.

Крок 5. Завершення ітерації та оцінка розв'язку. Ітерація вважається завершеною в тому випадку, коли мураха пройшла усі рядки матриці. По завершенню зберігається результат, який показує вартість виконання плану експерименту.

Цикл порівняння

Крок 6. Вибір кращого розв'язку. Обрання найкращого розв'язку, знайденого протягом усіх ітерацій.

Крок 7. Завершення. Повернення знайденого оптимального шляху або розв'язку.

Схему роботи алгоритму мурашиної колонії зображено на рис.1.

Було розроблено програмне забезпечення, що реалізує метод синтезу оптимальних за вартісними (часовими) витратами планів багатофакторного експерименту методом мурашиного пошуку. Мова програмування – C#. Прорахунки виконувалися на комп'ютері з процесором Intel Core i3- 3110M з частотою 2.40 GHz.

Для розрахунку прикладів будуть використовуватись наступні параметри програми:

- кількість мурах 230;
- кількість ітерацій 500.

Результати оптимізації Для прикладу була проведена оптимізація планів багатофакторних експериментів для різних об'єктів.

Приклад 1. Вихрострумовий перетворювач

Для вихрострумового перетворювача було оптимізовано початковий план багатофакторного експерименту, дані зведені у рис. 2. Вирішення було знайдено за 15 секунд.

Приклад 2. Дослідження процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван

Оптимізацію вихідного плану експерименту при дослідженні процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван мірними датчиками проведено за критерієм сумарної вартості проведення. Дані зведені у рис. 3. На розрахунок знадобилося 38 секунд.

Приклад 3. Дослідження ділянки верстатобудівного цеху з числовим програмним управлінням

В якості критерію оптимізації було обрано загальний час роботи верстатів з числовим програмним управлінням. Час реалізації плану наведено на рис. 4. На вирішення задачі програмі знадобилося 45 секунд.

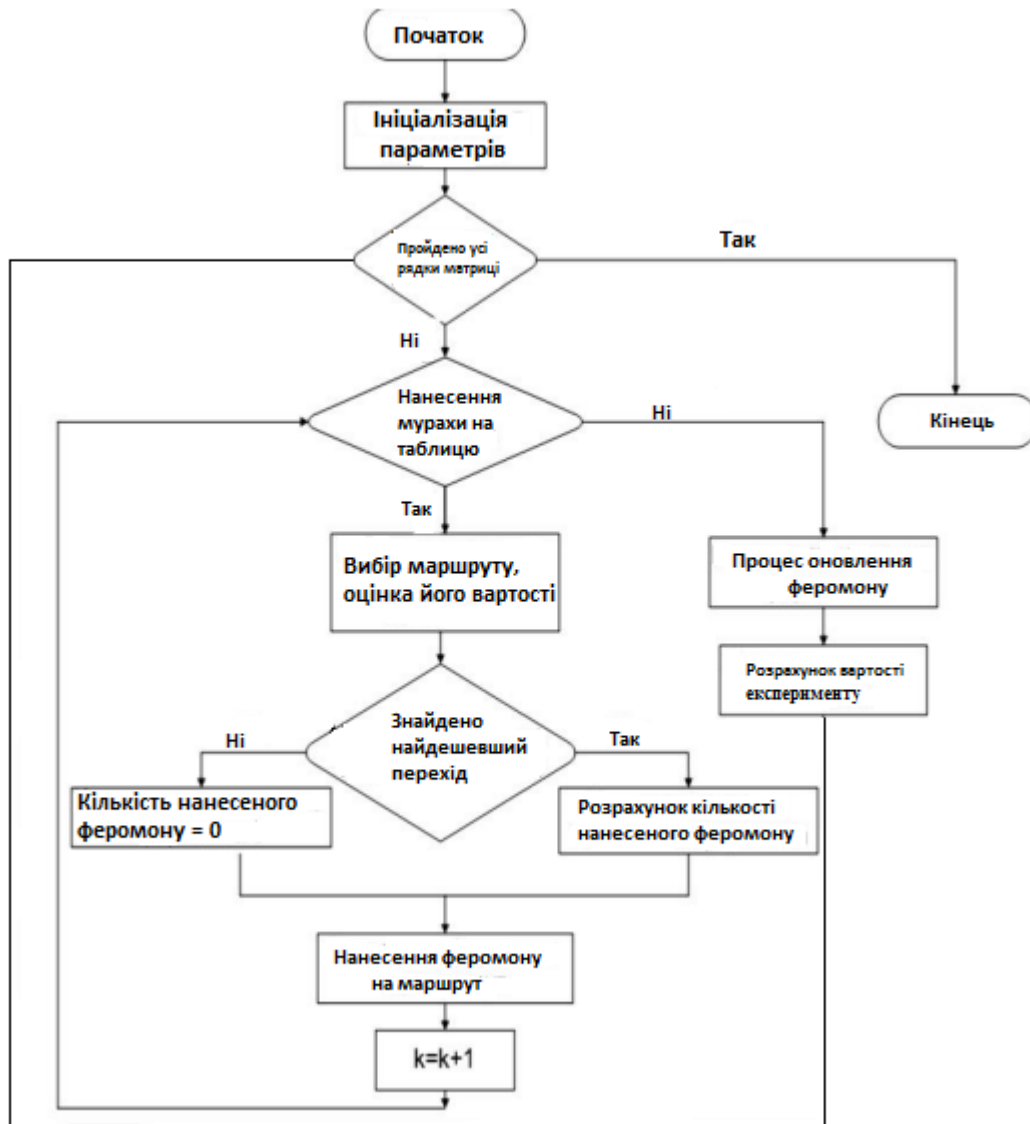


Рисунок 1 – Схема роботи алгоритму мурашиної колонії

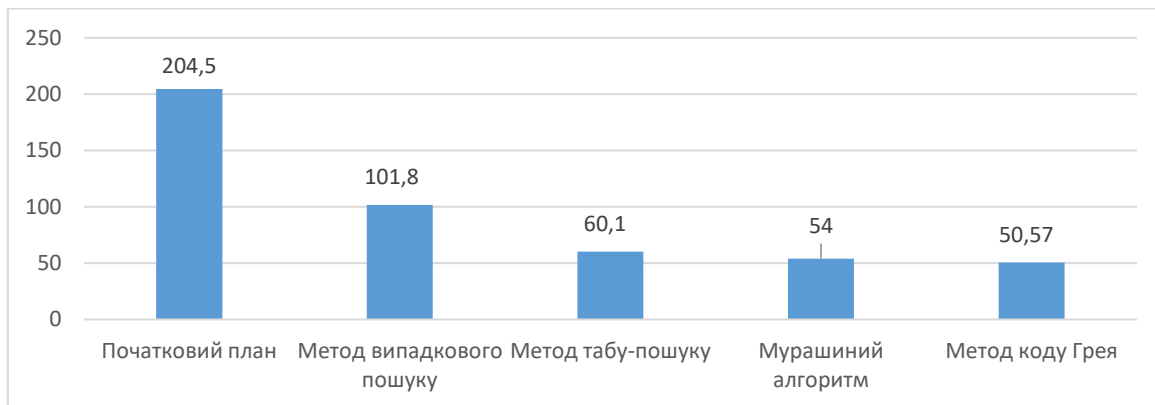


Рисунок 2 – Вартості (умов.од.) оптимізованих за різними методами [3, 4, 5] планів багатфакторного експерименту для дослідження вихрострумового перетворювача

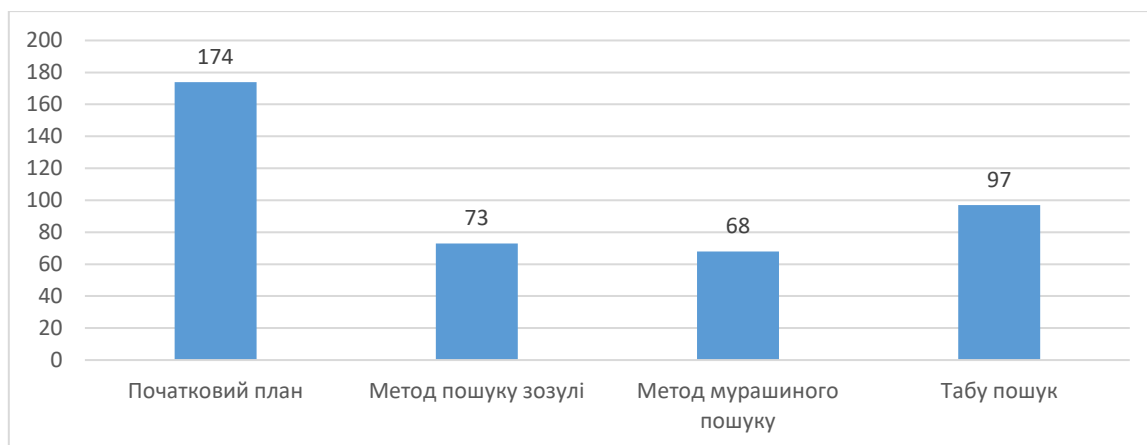


Рисунок 3 - Вартості (умов.од.) оптимізованих за різними методами [3,4] планів багатфакторного експерименту для дослідження процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван

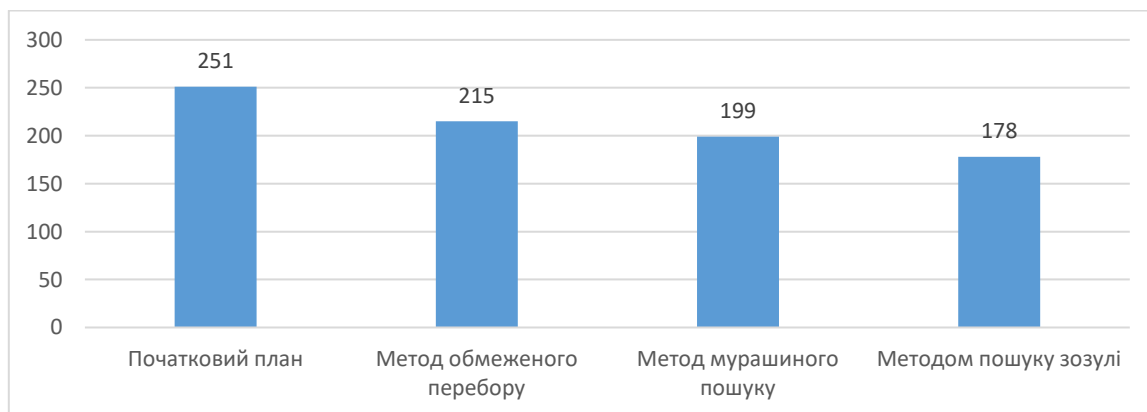


Рисунок 4 - Часи реалізації (годин) оптимізованих за різними методами [3] планів експерименту для дослідженні ділянки верстатобудівного цеху з числовим програмним управлінням

Особливості алгоритму мурашиної колонії. Слід зауважити, що використовувати алгоритм мурашиної колонії доцільно коли факторів більше 3, а кількість експериментів в плані більше 16. За таких умов метод мурашиної колонії знаходить кращий результат за менший час ніж метод повного перебору. Також слід зауважити, що до вибору кількості мурах та кількості ітерацій слід підходити з урахуванням необхідної точності/наявної обчислювальної потужності. Однак більша кількість мурах в кожній ітерації не надає 100% гарантію знаходження найкращого варіанту розв'язання.

На рис. 5 зображено вплив кількості ітерацій на знаходження оптимального розв'язку (умов.од.) та час (сек.) виконання розрахунків (використовуються 230 мурах в кожній ітерації).

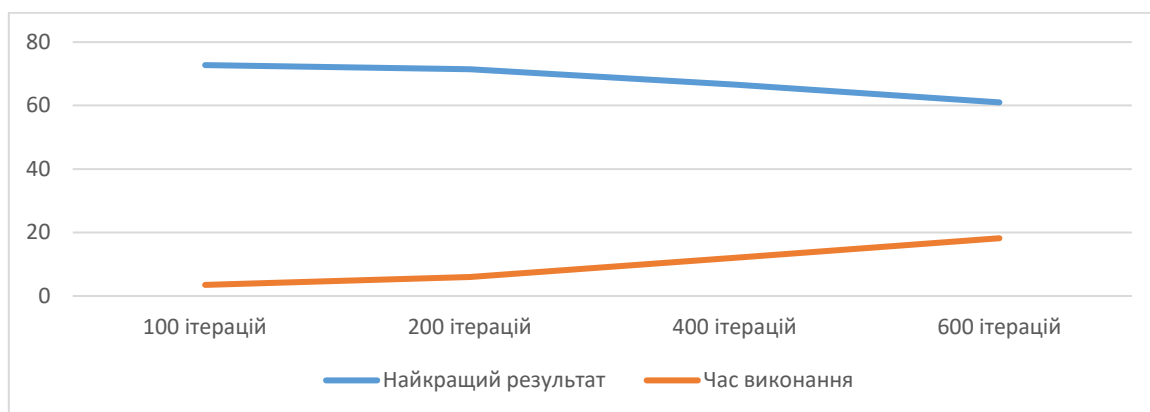


Рисунок 5 – Вплив зміни кількості ітерацій на роботу алгоритму

На рис. 6 зображено вплив кількості мурах в кожній ітерації на знаходження оптимального розв'язку та час виконання розрахунків.

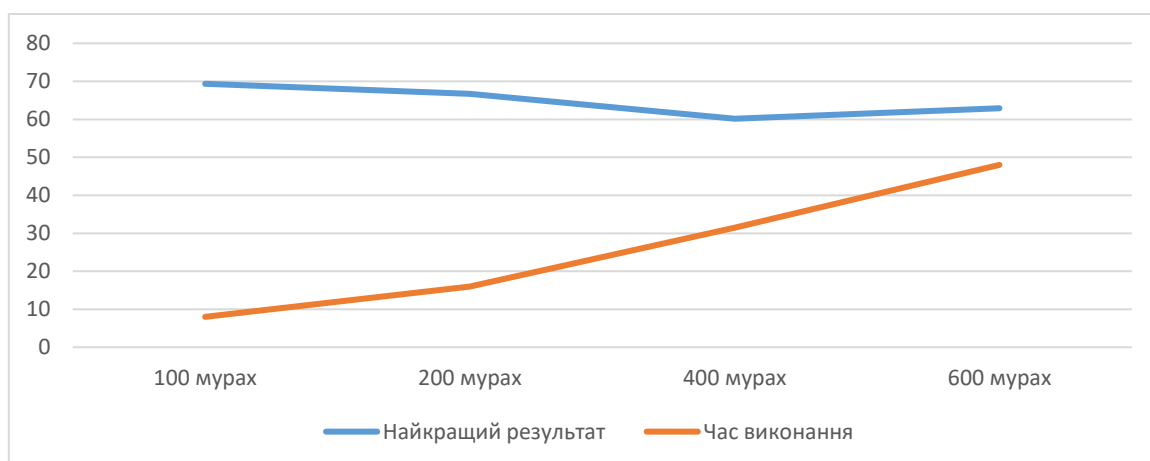


Рисунок 6 – Вплив зміни кількості мурах в кожній ітерації на роботу алгоритму

Висновки. З наведених даних можна зробити висновок, що метод мурашиного пошуку доволі не погано себе показав в усіх наведених прикладах. У кожному прикладі ефективність методу складала від 20%. Метод мурашиного пошуку дуже вразливий до кількості мурах, що використовується в кожній ітерації. Одже слід розумно ставитися до вибору цього параметру під час використання методу мурашиного пошуку.

ЛІТЕРАТУРА:

- 1.Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий (программное введение в планирование эксперимента) / Ю.П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. –М.: Наука, 1971. –283 с.
- 2.Кошовий М.Д., Бурлеєв О.Л., Пампуха А.І. Аналіз методів оптимального планування багатofакторного експерименту за вартісними та часовими показниками. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка.-К.: ВІКНУ,2022.-№75.-С.94-107.DOI. :<https://doi.org/10/17721/2519-418X/2022/75-10>.
- 3.Кошевой Н.Д., Костенко Е.М. Оптимальное по стоимостным и временным затратам планирование эксперимента: монография. Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».Х.:ХАИ; Полтава: Шевченко Р.В.,2013.-316с. ISBN978-966-8798-89-4.

4.Беляева А.А. Синтез оптимальных за вартісними витратами планів експериментів для дослідження технологічних процесів і систем: дис. доктор філософії:21.07.20/ Беляева Анна Андріївна.-Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,2020.-234с.

5.Кошова І.І. Методи та засоби оптимального планування експериментів для дослідження технологічних процесів, пристроїв і систем: дис. доктор філософії: 21.07.20/ Кошова Ірина Іванівна.- Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,2020.-209с.

6.Koshevoy N.D., Kostenko E.M., Pavlyk A.V., Koshevaya I.I., Rozhnova T.G. Research of multiple plans in multi-factors experiments with a minimum number of transitions of levels of factors. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2019. no 2, P.53-59. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-2-6.

7.Koshevoy N.D., Muratov V.V., Kirichenko A.L., Borisenko S.A. Application of the “jumping frogs” algorithm for research and optimization of the technological process. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2021. no1(1). – P. 57 – 65. DOI: 10.15588/1607-3274-2021-1-6.

8.Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов. Информационные технологии. 2012. No 7. С. 1-32.

9.A. Hatamlou, Black hole:A new heuristic optimization approach for data clustering, Information sciences, 2013 - vol. 222, pp. 175–184.

10.M. Yazdani, F. Jolai, Lion optimization algorithm (loa): a nature-inspired metaheuristic algorithm, Journal of computational design and engineering, 2016 - vol. 3, no. 1, pp. 24–36.

11.Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. –М.: Мир, 1973. –302 с.

12.Кошевой Н.Д. Автоматизация экспериментальных исследований: моногр./Н.Д. Кошевой, В.А. Гаевой. –Х.: Факт, 2001. –112 с.

REFERENCES:

1.Adler Yu.P. Planning of an experiment in search of optimal conditions (programmatic introduction to planning an experiment) / Yu.P. Adler, E. V. Markova, Yu. V. Granovsky. - М. : Science, 1971. –283 p

2.Koshovyi M.D., Burleev O.L. and Pampukha A.I. “Analysis of methods of optimal planning of a multifactorial experiment by cost and time indicators”. Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko Kyiv National University. 2022. №75. pp.94-107.

3.Koshovyi N.D.and Kostenko E.M. “Optimal planning of the experiment in terms of cost and time”: National Aerospace University named after N.E. Zhukovsky "Kharkov Aviation Institute". Kh.: KHAY; Poltava: R.V. Shevchenko, 2013-316 p. ISBN978-966-8798-89-4.

4.Belyaeva A.A.(2020) “Synthesis of cost-optimal experimental plans for the study of technological processes and systems: dissertation” Kharkiv, 234p.

5.Koshova I.I.(2020) “Methods and means of optimal planning of experiments for the study of technological processes, devices and systems:dissertation” Kharkiv, 209p.

6.Koshevoy N. D., Kostenko E. M., Pavlyk A. V., Koshevaya I. I. and Rozhnova T. G. “Research of multiple plans in multi-factor experiments with a minimum number of transitions of levels of factors” Radio Electronics, Computer Science, Control. 2019. No. 2, P.53-59. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-2-6.

7.Koshevoy N.D., Muratov V.V., Kirichenko A.L.and Borisenko S.A. “Application of the “jumping frogs” algorithm for research and optimization of the technological process” Radio Electronics, Computer Science, Control. 2021. No. 1(1). – P. 57 – 65.

8.Karpenko A.P. “Population algorithms of global search optimization. Overview of new and little-known algorithms. Information technologies” 2012. No. 7. P. 1-32.

9.A. Hatamlou, “Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering, Information sciences” 2013 - vol. 222, pp. 175–184.

10.M. Yazdani and F. Jolai, “Lion optimization algorithm (loa): a nature-inspired metaheuristic algorithm” Journal of computational design and engineering, 2016 - vol. 3, no. 1, pp. 24–36.

11.Kharary F. “Theory of graphs” Kharary. – М.: Mir, 1973. – 302 p.

12.Koshevoy N. D. “Automation of experimental research: monogr – Kh.: Fakt, 2001. – 112 p.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE ANT COLONIES METHOD IN OPTIMIZING PLANS OF MULTIFACTOR EXPERIMENTS

The article is devoted to the study of the effectiveness of the method of ant colonies in the context of optimization of plans of multivariate experiments. The authors carefully analyzed the actual problems that arise in the process of optimization of multifactorial plans of experiments, analyzed a significant number of methods of optimization of multifactorial experiments and substantiated the need to develop new and productive approaches to solving these problems. The main emphasis in the article is on the ant colony method, which is considered a powerful and effective tool for quick and effective optimization of multivariate experimental plans.

The article includes a detailed description of the algorithm, the scheme of its operation and the implementation of the ant colony method in the form of a program written in the C++ programming language. The authors give specific examples of the application of the algorithm in various areas, such as the eddy current converter, the study of the process of measuring the current density of galvanic baths, and the analysis of a section of a machine shop with numerical software control.

The article carefully reviews the performance of the ant colony method, focusing on its effectiveness with a large number of experimental factors, especially when increasing the number of factors and experiments. The authors analyze the accuracy of the results and emphasize the importance of careful selection of parameters to achieve optimal research results. With this article, scientists and practitioners will find a valuable tool for optimizing and improving the performance of multivariate experiments in various fields of science and industry.

Keywords: ant colony method, research, multivariate experiment, software, algorithm, optimization.

КЕРОВАНІЙ КОМУТАТОР ЦИФРОВИХ І АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ

На сьогоднішній день у військах Збройних Сил України використовується велика кількість складних радіотехнічних об'єктів, які за різних причин можуть виходити із ладу і потребують термінового відновлення в умовах ведення бойових дій. До таких об'єктів відноситься радіолокаційна станція (РЛС) 19Ж6 і її модифікації. Рівень діагностичного забезпечення даної РЛС не відповідає вимогам, які висуваються до сучасних зразків радіоелектронних засобів озброєння (РЕЗО). Тому виникає необхідність розробки нових або вдосконалення існуючих діагностичних систем та комплексів контролю технічного стану радіоелектронних компонентів РЛС. Для контролю технічного стану, пошуку і локалізації несправних елементів та проведення ремонтних робіт на сучасних РЕЗО вітчизняного виробництва застосовується автоматизований діагностичний комплекс (АДК) серії «Діана». Даний комплекс призначений для діагностики та відновлення складних цифрових і цифро-аналогових типових елементів заміни (ТЕЗ) РЕЗО.

Досвід експлуатації АДК серії «Діана» показав певні можливості щодо його удосконалення з метою автоматизації процесу підключення об'єкту діагностування (ОД) до діагностичного обладнання АДК. У статті запропонована структурна схема керованого комутатора цифрових і аналогових сигналів реалізація якого у обладнання АДК серії «Діана» суттєво спростить процес підключення ОД, подачі на нього напруг живлення і перевіряльник тестових послідовностей. В цілому це покращить автоматизацію процесу діагностування і зменшить час діагностування, що, у загальному випадку, підвищить коефіцієнт готовності РЕЗО.

Можливості запропонованого комутатора сигналів розраховані для діагностування ТЕЗ, що використовуються у РЕЗО на теперішній час, а також, за рахунок програмного керування комутатором стає можливим створення універсального пристрою підключення ТЕЗ до діагностичного обладнання АДК серії «Діана» або інших перспективних діагностичних систем РЕЗО.

Ключові слова: керований комутатор, автоматизований діагностичний комплекс, об'єкт діагностування, РЛС 19Ж6.

Вступ. Безпека держави, в тому числі і військова, залежить від надійної та безперервної роботи великої кількості різноманітних складних технічних об'єктів. З усього різноманіття таких об'єктів, в окрему групу можна звести складні технічні об'єкти радіоелектронної техніки, які, з погляду надійності, є відновлювальними об'єктами. Велика кількість таких об'єктів, використовуються у військовій сфері, та забезпечують необхідний рівень боєздатності Збройних Сил України.

В умовах ведення бойових дій скорочення часу на відновлення їх працездатного стану необхідно надавати пріоритетне значення в комплексі заходів із загальною стабілізацією ситуації. Однак потенційні можливості військових ремонтних органів (ВРО), які повинні займатися відновленням РЕЗО, практично реалізуються не в повному обсязі [1-3].

Для недопущення зниження рівня бойової готовності військових частин необхідно покращити показники ремонтпридатності їх РЕЗО. В першу чергу це стосується зменшення середнього часу відновлення. Одним з шляхів розв'язання даної проблеми є розробка та комплектація зразків РЕЗО діагностичними комплексами і системами, під якими варто розуміти комплекс взаємозалежних правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення діагностування об'єктів РЕЗО, а також треба поліпшувати загальну систему технічного обслуговування і ремонту.

До таких РЕЗО можна віднести РЛС 19Ж6, яка на сьогоднішній час активно експлуатується у військах. Рівень діагностичного забезпечення даної РЛС не відповідає вимогам, які висуваються до сучасних зразків РЕЗО. Для діагностування та проведення ремонтних робіт на сучасних РЕЗО вітчизняного виробництва застосовується автоматизований діагностичний комплекс серії «Діана». Даний комплекс призначений для діагностики та відновлення складних цифрових і цифро-аналогових типових елементів заміни [3, 4].

Постановка задачі. Таким чином, існує задача щодо покращення роботи військових ремонтних органів (ВРО) за рахунок розробки і використання сучасних засобів діагностування типових елементів заміни РЛС 19Ж6, якими можна доукомплектувати ВРО. В рамках загальної задачі, можна виділити ряд часткових задач. Однією з таких задач є скорочення середнього часу відновлення РЕЗО через розробку технічних рішень по удосконаленню автоматизованого діагностичного комплексу серії «Діана».

Метою статті є розробки технічних рішень по удосконаленню апаратури АДК серії «Діана». У статті представлений керований комутатор цифрових і аналогових сигналів використання якого покращить показники ремонтпридатності РЛС 19Ж6 і її модифікацій.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для контролю технічного стану, пошуку несправних елементів і відновлення складових елементів зразків РЕТ на місці їх постійної дислокації на теперішній час використовуються різні вимірювальні прилади, системи і діагностичні комплекси. Одним із сучасних представників такої вимірювально-діагностичної системи є автоматизований діагностичний комплекс «Діана» різних модифікацій.

Діагностичні комплекси серії «Діана» призначені для виміру, формування, контролю електричних величин, а також для локалізації несправностей, реєстрації й відображення результатів вимірів і контролю й застосовуються в промисловості при розробці, виробництві, випробуваннях, ремонті й технічному обслуговуванні складних радіоелектронних технічних систем [3].

Комплекси складаються із шістьох підсистем, виконаних по модульному принципу й працюючих під керуванням зовнішньої ПЕОМ:

- підсистема формування тимчасових інтервалів;
- підсистема виміру тимчасових інтервалів;
- підсистема формування рівнів стимулюючих сигналів;
- підсистема виміру рівнів стимулюючих впливів;
- підсистема формування різноманітних аналогових сигналів, реєстрації й виміру параметрів сигналів ОД
- підсистема формування живлення й керування вторинними джерелами живлення об'єкта діагностування.

Технічні дані й основні параметри блоку базового комплексу «Діана-4.2 АІК» представлено у Паспорті на виріб. Технічні дані зовнішніх приладів: осцилографа й аналізатора спектра з генератором, що стежить наведені у відповідних технічних документах на дані прилади [3].

Узагальнений склад комплексу «Діана-4.2 АІК» показаний на рис.1.

Центральним ядром комплексу Д-4.2 АІК є блок базовий і спеціальне програмне забезпечення (СПЗ).

Керування базовим блоком здійснюється за допомогою керуючого комп'ютера, що підключається до базового блоку кабелем USB.

Для підключення об'єкта діагностування (ОД) до базового блоку й до зовнішніх приладів використовується комутуючий пристрій.

Уся необхідна для тестування й діагностування ОД інформація зберігається в ремонтних базах даних (РБД).

Центральним ядром комплексу Д-4.2 АІК є блок базовий і спеціальне програмне забезпечення (СПЗ).

Керування базовим блоком здійснюється за допомогою керуючого комп'ютера, що підключається до базового блоку кабелем USB.

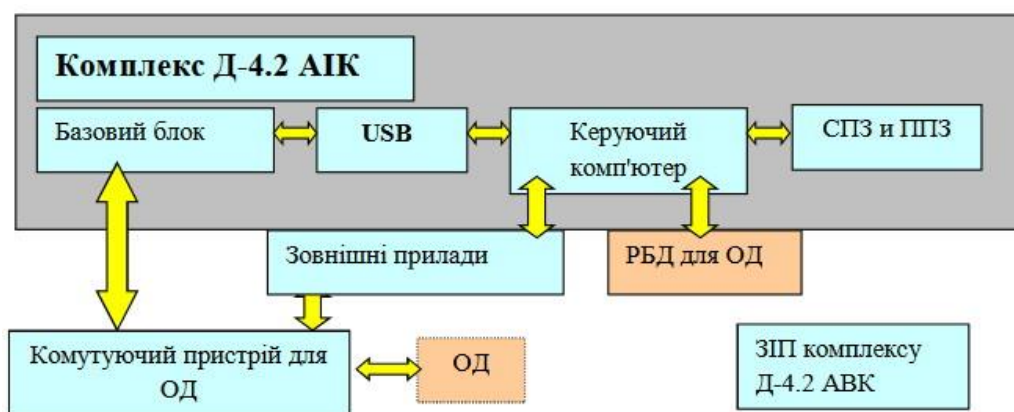


Рисунок 1 – Склад комплексу «Діана-4.2 АІК»

Для підключення об'єкта діагностування (ОД) до базового блоку й до зовнішніх приладів використовується комутуючий пристрій.

Уся необхідна для тестування й діагностування ОД інформація зберігається в ремонтних базах даних (РБД).

СПЗ комплексу Д-4.2 АІК і РБД ОД розміщуються на жорсткому диску керуючого комп'ютера.

Комплекси «Діана-4.2 АІК» призначені для контролю функціонування, виміру параметрів, діагностування й локалізації несправностей до змінного елемента в цифрових, цифро-аналогових і аналогових ОД.

Комплекс Д-4.2 АІК дозволяє робити тестування ОД з боку крайових рознімів і внутрішньосхемне тестування ОД, у тому числі параметричне тестування для установок.

Тестування ОД з боку його рознімів полягає в подачі послідовності тестових впливів на вхідні контакти крайових рознімів ОД з наступною реєстрацією реакцій тестованого ОД з вихідних контактів крайового рознімання й порівнянням їх з еталоном, записаним в пам'ять керуючого комп'ютера. Подача послідовності тестових впливів і реєстрація реакцій здійснюється за допомогою тестового процесора (ТП).

Об'єкт діагностування підключається до модулів ТП, вторинних джерел живлення і зовнішнім приладам через комутуючий пристрій [3].

Комутуючий пристрій являє собою набір контактів складаного поля для здійснення комутаційного з'єднання за допомогою шести видів комутаційних з'єднувачів (перемичок). Для кожного ОД в описі на нього надається комутаційна схема, відповідно до якої інженер на робочому місці вручну повинен зробити відповідні комутаційні з'єднання. Цей процес потребує багато уваги, щоб уникнути виходу мікросхеми з ладу і потребує достатньо великої кількості часу для здійснення операцій комутування. Він не автоматизований і не має світлової індикації які саме контакти складаного поля підключені до ОД і у разі невизначеності у процесі діагностування відволікає увагу інженера на перевірку правильності підключення відповідних контактів крайових рознімів ОД.

В статті пропонується автоматизувати процес підключення ОД до діагностичного комплексу шляхом заміни ручного пристрою комутації контактів крайових рознімів на програмно-керований електронний пристрій комутації. Далі розглядаються структура і принцип роботи керованого комутатора цифрових і аналогових сигналів, який має стати частиною діагностичного автоматизованого комплексу серії «Діана». Його завданням є комутація сигналів з тестового процесора, а також напруг живлення поданих від одного або кількох джерел на входи ОД і підключення виходів ОД до підсистеми аналізу вихідних реакцій ОД.

В статті запропонована структурна схема керованого комутатора сигналів призначеного для організації діагностування цифрових ТЕЗ з боку 32 контактів крайового рознімання для ОД.

Комутатор складається з наступних функціональних вузлів (рис.2):

ПЕОМ – пристрій введення інформації про ОД і керування тестовим процесором (ТП) діагностичного комплексу «Діана»;

ТП – тестовий процесор діагностичного комплексу;

МС – мікроконтролер, призначений для управління схемами, які підключені до комутаційної колодки (плати підключення ОД);

Блок індикації – пристрій для візуального контролю номерів підключених входів і виходів плати підключення;

Джерело напруг – формус напруги живлення, необхідні для нормального функціонування ОД;

Ключ живлення – електронна схема, що підключає визначені значення напруг джерела живлення до відповідних контактів плати підключення ОД;

MUX-DEMUX – схема, що реалізує функції мультиплексування-демультиплексування,

Плата підключення – комутаційне рознімання для підключення ОД.

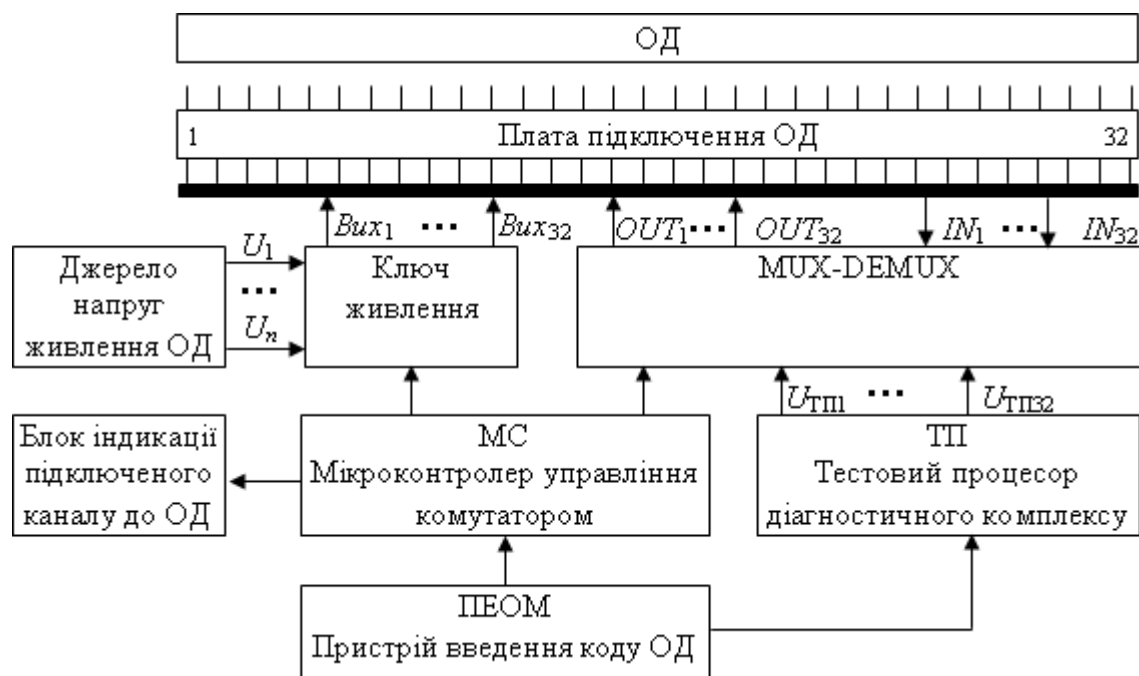


Рисунок 2 – Структурна схема керованого комутатора

Керований комутатор працює наступним чином.

Користувач вводить на ПЕОМ діагностичного комплексу код (позначення) ОД. Далі СПЗ діагностичного комплексу визначає необхідні тестові послідовності для діагностування ОД. Перевіряючі тестові послідовності формуються у блоці тестових послідовностей (ТП) діагностичного комплексу.

Команди автоматизованого управління, які передаються через інтерфейс USB надходить на мікроконтролер управління керованим комутатором. Мікроконтролер виробляє команди управління схемами підключення джерела напруг до ОД, видає керуючі сигнали для управління схемами підключення тестових послідовностей до ОД і керує роботою блоку індикації підключеного каналу до ОД.

Блок індикації відображає стан (активний/неактивний) вхідних та вихідних каналів для візуального інформування користувача про те, які крайові рознімання на платі підключення ОД задіяні і для чого саме – подачі напруг живлення, тестових послідовностей або вихідних

реакцій ОД. Блок індикації являє собою набір 32-х світлодіодів, які можуть змінювати свій колір в залежності від того, яку функцію виконує конкретний роз'єм плати підключення ОД. це дає можливість користувачу швидко перевірити правильність і відповідність поданих на вхід ОД сигналів.

Як варіант управління світлодіодами можна здійснюється записом в регістри двобітового коду, що дозволяє вибрати один із трьох режимів індикації:

- 1) блимання світлодіода - режим налаштування каналу (блимання здійснюється з частотою, формованою сигналом LED_CLK);
- 2) світлодіод горить - канал активний;
- 3) світлодіод не горить - канал неактивний.

Ключ живлення (схема підключення напруг живлення) призначений для керованої комутації на визначений роз'єм плати підключення ОД живлячих напруг. Ключ (схема підключення) підключає живлення на відповідний контакт по сигналами управління з мікроконтролера. Для забезпечення універсальності керованого комутатора ключ (схема підключення напруги живлення) повинна мати можливість підключати визначене джерело напруги до будь-якого контакту (від 1 до 32) плати підключення ОД.

Діапазон роботи ключа (схеми) має знаходитись від -30В до 30В (у загальному випадку можуть бути інші значення, що визначається призначенням діагностичного комплексу). Таким чином за сигналами управління на ОД через плату підключення надходять напруги живлення для забезпечення нормальної роботи ОД, що перевіряється.

Елементи MUX і DEMUX виконують комутацію сигналів тестового процесора діагностичного комплексу на один або декілька вхідних каналів IN₁-IN₃₂ для подачі тестових послідовностей на вхід ОД і отримання вихідних реакцій на одному або декількох вихідних каналів OUT₁-OUT₃₂. Процес підключення визначеного роз'єму відбувається під впливом команд управління з мікроконтролера керованого комутатора.

Для запобігання виходу з ладу елементів схеми MUX і DEMUX слід передбачити захист від потрапляння напруг живлення блоку живлення на вхідні (вихідні) контакти зазначеної схеми.

Пристрій введення (ПЕОМ діагностичного комплексу «Діана») дозволяє користувачу управляти процесом комутації, а саме, вибирати вхідні та вихідні контакти і призначати їм різні функції. Команди від користувача можуть подаватися в блок управління у повністю автоматизованому режимі (задається тільки код позначення ОД, з пам'яті СПЗ вибирається схема підключення ОД і видається код управління мікроконтролером комутатора який автоматично підключає необхідні контакти крайового рознімання), а також у напівавтоматизованому режимі, коли користувач за допомогою відповідного програмного забезпечення і відповідного інтерфейсу (користувач сам «вручну» визначає підключення вхідних і вихідних контактів).

Висновки. В статті обґрунтовано необхідність розробки додаткового діагностичного обладнання, яким пропонується удосконалити автоматизовані діагностичні комплекси серії «Діана». Запропоновані технічні рішення щодо реалізації керованого комутаційного пристрою у складі АДК серії «Діана» Пристрій дозволить скоротити час на перевірку технічного стану цифрових типових елементів заміни та в цілому поліпшує діагностичне забезпечення військового ремонтного органу.

Впровадження керованого комутатора дозволить покращити показники ремонтпридатності радіолокаційної станції.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки. Монографія / В.В. Вишнівський, М.К. Жердєв, С.В. Ленков, В.А. Проценко; під ред. М.К. Жердєва, С.В. Ленкова. – К.: ТОВ «Компанія ЛПК», 2009. – 224 с.

2. Буяло О.В., Гахович С.В., Жиров Г.Б., Ленков С.В. Математична модель процесу виконання відновлення складових частин радіоелектронних засобів озброєнь при проведенні середнього

ремонту у ремонтному органі / Зб. наук. пр. ООЛІСВ. – Одеса: ООЛІСВ, 2006. – Вип. 11. – С. 124-129.

3. Автоматизований вимірювально-діагностичний комплекс «Діана-4.2АІК» та його модифікації. Посібник з експлуатації (керівництво користувача). Частина 1. 75 стор.

4.<https://www.unian.net/weapons/10481217-na-zavode-vo-lvove-rasshirili-vozmozhnosti-po-remontu-vooruzheniya-samoletov-tipa-mig-29.html>

5. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Севастьянов В.М. Основи мікропроцесорної техніки. Навчальний посібник. - Вінниця:ВНТУ, 2006. - 226 с.

6. Теоретичні основи комп'ютерних напівпровідникових електронних компонентів : навч. пос. / Азаров О. Д., Гарнага В. А., Сапсай Т. Г., Тарасенко В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 134 с.

REFERENCES:

1.Diahnostuvannia analohovykh i tsyfrovyykh prystroiv radioelektronnoi tekhniki. Monohrafiia / V.V. Vyshnivskiy, M.K. Zherdiev, S.V. Lienkov, V.A. Protsenko; pid red. M.K. Zherdieva, S.V. Lienkova. –K.: TOV «Kompaniia LIK», 2009. –224 s.

2. Buialo O.V., Hakhovych S.V., Zhyrov H.B., Lienkov S.V. Matematychna model protsesu vykonannia vidnovlennia skladovykh chastyn radioelektronnykh zasobiv ozbroien pry provedenni serednoho remontu u remontnomu orhani / Zb. nauk. pr. OOLISV. – Odesa: OOLISV, 2006. – Vyp. 11. – S. 124-129.

3. Avtomatyzovanyi vymiriuvanno-diahnostychnyi kompleks «Diana-4.2AIK» ta yoho modyfikatsii. Posibnyk z ekspluatatsii (kerivnytstvo korystuvacha). Chastyna 1. 75 stor.

4.<https://www.unian.net/weapons/10481217-na-zavode-vo-lvove-rasshirili-vozmozhnosti-po-remontu-vooruzheniya-samoletov-tipa-mig-29.html>

5. Podzharenko V.O., Kucheruk V.Yu., Sevastianov V.M. Osnovy mikroprotsesornoï tekhniki. Navchalnyi posibnyk. - Vinnytsia: VNTU, 2006. - 226 s.

6. Teoretychni osnovy komp'uternykh napivprovodnykovykh elektronnykh komponentiv : navch. pos. / Azarov O. D., Harnaha V. A., Sapsai T. H., Tarasenko V. P. – Vinnytsia : VNTU, 2015. – 134 s.

Ph.D. Hakhovych S.V., Ph.D. Zhyrov G.B.

MANAGED SWITCH FOR DIGITAL AND ANALOG SIGNALS

Currently, the Armed Forces of Ukraine use a large number of complex radio-technical objects, which may malfunction for various reasons and require urgent restoration during combat operations. One of these objects is the 19Ж6 radar station (RLS) and its modifications. The diagnostic capabilities of this radar do not meet the requirements set for modern samples of radio-electronic weaponry (REW). Therefore, there is a need to develop new or improve existing diagnostic systems and complexes for monitoring the technical condition of the radio-electronic components of the RLS. For monitoring the technical condition, locating faulty elements, and conducting repair work on modern domestic REW, an automated diagnostic complex (ADC) of the 'Diana' series is used.

The experience of using the 'Diana' series ADC has shown certain possibilities for its improvement in order to automate the process of connecting the diagnostic object (DO) to the ADC diagnostic equipment. The article proposes a structural diagram of a managed switch for digital and analog signals, the implementation of which in the 'Diana' series ADC equipment will significantly simplify the process of connecting the DO, supplying it with power, and testing test sequences. Overall, this will improve the automation of the diagnostic process and reduce diagnostic time, which, in general, will increase the readiness coefficient of REW.

The capabilities of the proposed signal switch are designed for diagnosing replacement elements (DRE) used in REW at present. Additionally, through software control of the switch, it becomes possible to create a universal device for connecting DRE to the diagnostic equipment of the 'Diana' series ADC or other prospective diagnostic systems for REW.

Keywords: *managed switch, automated diagnostic complex, diagnostic object, 19Ж6 radar.*

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЇ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ЗАШИФРОВАНИХ ТА СТИСЛИХ ДАНИХ ЗАПОБІГАННЮ ВИТОКУ КОНФІДЕНЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Розглянута задача побудови формалізованої моделі інсайдера, яка може застосовуватись як у комерційних так і державних компаніях. Показано, що загрози безпеки даних характеризуються набором векторних показників, якісних та кількісних, 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.

Розробка моделі псевдовипадкових послідовностей дозволить оцінити ступінь впливу статистичних ознак, що витягуються з псевдовипадкових послідовностей і використовуються в процесі формування класифікатора, на точність проведення процедури класифікації. Отримані кількісні значення ознак дозволять оптимізувати кількість параметрів за умови дотримання необхідної точності, оцінити складність виконання процедури видалення ознак. На основі отриманих результатів моделювання, виявлених особливостей класифікатора необхідно обґрунтувати вибір математичного апарату, що в подальшому дозволить перейти до практичної реалізації алгоритму класифікації послідовностей, сформованих алгоритмами стиснення та шифрування даних.

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 зашифрованих та стислих даних є актуальною.

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 модель, сформованих алгоритмами стиснення та шифрування даних, псевдовипадкових послідовностей, що відрізняється від відомих, врахуванням їх статистичних характеристик.

Представлена модель псевдовипадкових послідовностей, відрізняється від аналогів з врахуванням розподілу байт та з врахуванням частот бітових підпослідовностей довжини 9 біт. Для оцінки адекватності запропонованої моделі проведені експерименти щодо визначення точності класифікації псевдовипадкових послідовностей алгоритмами машинного навчання.

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

Вступ. Інформаційні технології розвиваються дуже стрімко, зростає доступність освіти у сфері комп'ютерних наук та високих технологій. На сьогодні отримати доступ до інформації, що дозволяє подолати механізми захисту даних не важко. 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 [1 - 3].

Незважаючи на удосконалення механізмів захисту від кіберзагроз, розвиток засобів захисту конфіденційної інформації, зростає кількість витоків конфіденційної інформації. Однією з головних причин зростаючої кількості витоків конфіденційної інформації -

наявність внутрішнього порушника, здатного дотримуватись встановлених правил та заходів роботи з даними, здійснювати передачу конфіденційної інформації за контрольований інформаційний периметр компанії [4, 5, 9, 13].

Забезпечення інформаційної безпеки конфіденційних даних та призупинення дій внутрішнього порушника здійснюється за допомогою організаційних заходів. Виконується тестування, перевірка фактів їхньої біографії, відбір кандидатів, протягом проміжку часу можуть змінитися багато факторів, один з яких - лояльність співробітника [5 - 8, 22, 24].

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, 19, 22, 27].

На теперішній час захист від витоків даних реалізується засобами запобігання та виявлення витоку конфіденційної інформації. Основними механізмами захисту від витоків даних, є методи, засновані на пошуку регулярних виразів, сигнатур, цифрових зліпків, виявлення аномалій, застосування алгоритмів машинного навчання [8, 11, 12, 16, 17].

Доступність освіти у сфері високих технологій та розвиток інформаційних технологій визначають широке застосування систем обробки, зберігання, передачі даних та, як наслідок, загрози інформаційної безпеки. У сучасній організації бізнес процеси неможливі без застосування корпоративних мереж передачі даних та перспективних інформаційних систем. З кожним роком збільшуються обсяги інформації, що обробляються, впроваджуються нові інформаційно - пошукові системи, у тому числі системи обробки та збереження конфіденційних даних різного рівня доступу. 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 даних, що захищаються [6, 9, 13, 17, 18, 26].

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].

Типовими внутрішніми порушниками є співробітники, які займають технічну позицію - не привілейовані технічні користувачі. Об'єктом атаки є конфіденційні дані організації, такі як програмне забезпечення, фізичне обладнання, бізнес-плани, особливості виробничих процесів, бухгалтерські звіти, бази даних різних рівнів та інші дані, які можуть мати деяку цінність для внутрішнього порушника особисто, або для отримання ділових переваг. Активна діяльність інсайдера, в більшості, триває від одного до чотирьох місяців. Якщо планується звільнення внутрішнього порушника, то в даний період входять наступні події: прийняття рішення про звільнення; період злочинної активності; замітання слідів, щоб мінімізувати ризик виявлення [5, 6, 9 - 11].

Розглянута задача побудови формалізованої моделі інсайдера, яка може застосовуватись як у комерційних так і державних компаніях. Показано, що загрози безпеки даних характеризуються набором векторних показників, якісних та кількісних, для їх формалізації необхідне застосування теорії нечітких множин та дискретної математики. Побудовано формалізовану модель інсайдера, із застосуванням рейтингового методу, засновану на багатокритеріальному ранжируванні. На основі лінгвістичного підходу проведено формалізацію нечіткої інформації з переходом до кількісної єдиної шкали. Також в роботі розглянуто приклад визначення рівня загрози внутрішнього порушника із побудовою семантичних моделей для групи співробітників. Показано неможливість застосування експертних традиційних методів оцінок для визначення більшості розглянутих показників. Проведено аналіз байєсовського підходу вирішення задачі, доведено, при цьому, необхідність проведення аналізу великої кількості статистичних даних. Запропоновано використовувати модель Бьюкенена і Шортліфа, яка дозволяє навести результати на основі використання неповних відомостей про об'єкт, що аналізується [9, 13, 17, 18, 22].

Актуальність інсайдера визначається рейтинговою оцінкою, його становищем в рейтингу. Багатокритеріальне ранжування передбачає групове ранжування (класифікацію, кластеризацію) - віднесення співробітників на основі лінійного ранжування до упорядкованих груп. Головна перевага рейтингового підходу – комплексний характер до оцінки рівня інсайдерської безпеки. Рейтинговий метод має низку істотних недоліків: неможливість застосування однакових арифметичних операцій для значень показників моделі внутрішнього порушника, що вимірюються у якісних та кількісних шкалах; у зв'язку з тим, що модель внутрішнього порушника містить велику кількість показників, які можуть мати кореляційні зв'язки між собою, що впливають на рівень інсайдерської безпеки, виникають, в даній ситуації, труднощі в комплексному підході оцінки рівня інсайдерських атак та загроз по окремих співробітниках; відсутня формалізована процедура визначення значень кількісних та якісних показників; використана в неформалізованій моделі інсайдера природна мова зрозуміла аналітику, добре передає семантику предметної області, але не дозволяє однозначно і точно описати взаємозв'язки сутностей, представлені в моделі внутрішнього порушника [14, 21 - 23].

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 [6, 7, 18, 19, 22].

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 відносяться 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 [7 - 11, 17].

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, 13, 18, 19].

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. Для розробки моделі псевдовипадкових чисел необхідно розглянути результати аналізу досліджень предметної області, визначити які ознаки найчастіше використовувані, що описують стислі та зашифровані послідовності. Розробка моделі псевдовипадкових послідовностей дозволить оцінити ступінь впливу статистичних ознак, що витягуються з псевдовипадкових послідовностей і використовуються, надалі в процесі формування класифікатора, на точність проведення процедури класифікації. Отримані кількісні значення ознак дозволять оптимізувати кількість параметрів за умови дотримання необхідної точності, оцінити складність виконання процедури видалення ознак. На основі отриманих результатів

моделювання, виявлених особливостей класифікатора необхідно обґрунтувати вибір математичного апарату, що в подальшому дозволить перейти до практичної реалізації алгоритму класифікації псевдовипадкових послідовностей, сформованих алгоритмами стиснення та шифрування даних [5, 15 - 19].

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, використовувалися пакети певних додатків і протоколів: skype, https, smtp, dtls, ssl, ldap, http, youtube, decphone, netbios, dns, виявлено у них службові специфічні ознаки, які дозволяють класифікувати з високою точністю трафік.

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.

Останнім часом дослідження спрямовані на вирішення задачі класифікації зашифрованого потоку даних, при класифікації трафіку додатків та різних протоколів вдалося досягти високих результатів, застосовуючи, при цьому розміри пакетів, величини міжпакетних інтервалів, службову інформацію, номери портів. Технологія глибокого аналізу трафіка не застосовується для інкапсульованого чи зашифрованого потоку даних і на теперішній час є неефективною. Запропонована модель класифікатора трафіка ґрунтується на прихованих ланцюгах Маркова, використовуючи, в даному випадку, як ознаки, розміри пакетів, величини міжпакетних інтервалів, та корелювані за допомогою моделі Гауссових розподілів. Даний підхід дозволив досягти точності класифікації потоку даних - 0,989.

У роботі [20] досліджували можливість класифікації файлів найбільш популярних форматів: doc, csv, docx, gz, gif, jpg, html, png, pdf, pptx, ppt, ps, swf, rtf, xls, txt, xml, xlsx. Для формування ознакового простору використані підпослідовності розміром 4, 8, 16, 32, 64 байт, на основі послідовностей будувалися словники інформації, що містять 1024, 1296, 1444 елемента, словників допускалося накладення словників. Далі здійснювався підрахунок частот знаходження підпослідовностей для кожного типу потоку даних. Для побудови

класифікатора обраний метод опорних векторів з параметром - 32, метод показав найвищу точність класифікації при використанні даних підпоследовності довжиною 64 байт і розміром словника 1444. Точність класифікації, при цьому, досягла 0.617. Виявлення підроблених (спотворених) форматів файлів є актуальним завданням у комп'ютерній криміналістиці - приховування важливої для розслідування інформації (файлів), частини інформації у файлах-контейнерах може затягнути суттєво час розслідування, як наслідок, час реакції на інцидент.

Для класифікації зображень форматів pdf, png, jpeg, gif із заміною магічних байт на користь комп'ютерної криміналістики та внесеними змінами до розширення файлів, як ознаки використовувалися за максимальним значенням нормалізований розподіл байт. Для процедури класифікації використовувалися нейронні мережі, для відбору інформативних ознак застосовувалися генетичні алгоритми. Ознаки обчислювалися в середовищі MatLab, відбір ознак генетичним алгоритмом (100 поколінь, популяція з 256 одиниць, перехресне значення 0,8, ймовірність мутацій 0,034), навчання нейронної мережі (швидкість навчання 0,3, 42 входи, 1 прихований шар з 3 вузлами) виконані у програмному середовищі Weka [21, 23]. Точність класифікації зі змінених зображень формату png - 97,91%, для jpeg і gif - 99,99%, для tiff - 98,31%.

При класифікації спотворених файлів 4 класів jpg, gif, png, pdf які входять у набір даних ImageCLEFsecurity, в якості знакового простору використано розподіл байт. Застосовувалися згорткові нейронні мережі ResNet (точність класифікації 0,9997) та VGG-16 (точність класифікації 0,9993). Визначення типу файлів по заголовку і розширенню, по магічним байтам, які містяться в перших 2 - 46 байтах файлу, є ненадійним методом, оскільки дана інформація може бути легко змінена. Для отримання інформативних ознак, застосували метод, який дозволяє перевести частоти зустрічальності в файлах слів в числову квадратну матрицю. Далі було використано метод TF-IDF для вирівнювання статистики розподілу слів у досліджуємих файлах. Для побудови класифікатора потоку даних використовувалися алгоритми машинного навчання та отримані наступні результати: дерево рішень 95,76%, k-найближчих сусідів 37,58%, випадковий ліс 91,86%, метод опорних векторів 68,7%, лінійна регресія 96,46%, алгоритм XGBoost 97,74%, мультиноміальний байєський класифікатор 96,72%.

Витік інформації є порушенням безпеки даних - порушенням властивості конфіденційності. Зростає 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 [7 - 10, 14, 18, 19].

Відсутність у корпоративній мережі моделей атак та загроз інформації внутрішнього зловмисника обумовлюється проведенням організаційних заходів: визначення посадових співробітників, відповідальних за забезпечення інформаційної безпеки даних; проведення контролю виконання вимог нормативних документів, які регламентують забезпечення захисту конфіденційних даних; встановлення порядку допуску співробітників для проведення відновлювально - ремонтних робіт програмних та технічних засобів; порядку оновлення антивірусних баз; встановлення порядку резервного копіювання, архівування та відновлення баз даних, що знаходяться на різних мережевих рівнях ієрархії компанії.

Наведених заходів недостатньо, у разі наявності в компанії інсайдера. Виявлення внутрішніх порушників організаційними заходами дуже важко, а технічні заходи можуть сприяти розслідуванню інциденту безпеки інформації, але у разі виявлення та затримання зловмисника.

Одним із можливих способів передачі, за периметр організації, даних дотримання встановлених правил безпеки, передача інформації в стислому або зашифрованому вигляді. На теперішній час існують способи класифікації стислої та зашифрованої інформації, однак вони мають низку недоліків.

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 держав. 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 [13, 22, 24].

Дана проблема загострилася останнім часом з огляду на діяльність інсайдерів. Щоб впоратися з цією тенденцією, розробляються нові механізми та системи, які можуть захистити інформаційні системи обробки даних. Поряд з механізмами безпеки, такими як автентифікація, контроль доступу, системи виявлення вторгнень та системи протидії витокам інформації розгортаються як друга лінія оборони. 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, 13, 18, 19].

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 модель, сформованих алгоритмами стиснення та шифрування даних, псевдовипадкових послідовностей, що відрізняється від відомих, врахуванням їх статистичних характеристик.

Проведений аналіз об'єкта дослідження та предметної області дозволяє висунути гіпотезу про наявність у стислих та зашифрованих даних статистичних особливостей. В результаті досліджень у разі справедливості висунутого припущення можливо сформулювати модель псевдовипадкових послідовностей, сформованих алгоритмами стиснення та шифрування потоку даних і розробити метод захисту конфіденційних даних від витоків інформації на основі розподілу зазначених типів даних.

Аналіз досліджень в області інформаційної безпеки щодо внутрішніх зловмисників дозволяє сформулювати модель атак та загроз конфіденційним даним за допомогою організації її витоку інсайдером.

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.

Функціональна модель класифікації псевдовипадкових послідовностей. Процес формування класифікатора послідовностей представляє сукупність дій з виділення псевдовипадкових послідовностей статистичних ознак, обробку послідовностей, вибору відповідного математичного апарату, пошуку найбільш інформативних ознак, навчання класифікатора, проведення процедури тестування отриманого класифікатора.

На рис. 1 представлена схема процесу витоку даних в стислому/зашифрованому виді за контрольований периметр компанії.

Внутрішній порушник (інсайдер) - привілейований користувач, рядовий співробітник компанії, шкідливе програмне забезпечення, встановлене всередині контрольованого периметра підприємства на робочій станції. Передача даних може здійснюватися

стандартними способами та засобами, так і за допомогою засобів стиснення/шифрування інформації.

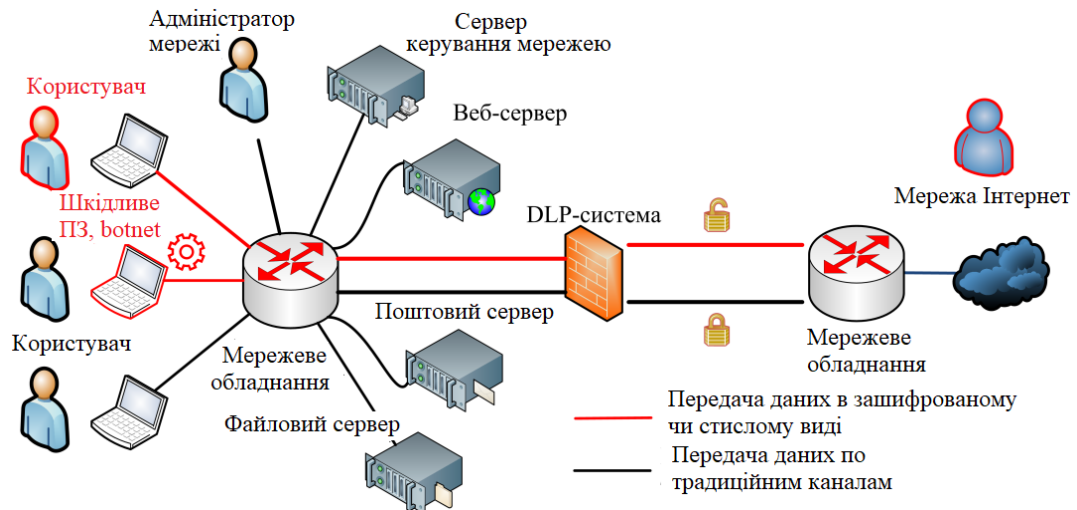


Рисунок 1 - Схема процесу витоку даних, реалізована внутрішнім порушником

У разі використання засобів стиснення/шифрування даних існуючі засоби запобігання та виявлення витокам інформації дозволяють здійснити передачу інформації інсайдеру через наявність практичної проблеми, що полягає в використанні заголовків файлів та низькій точності класифікації даних.

Функціональна модель формування класифікатора представлена на рис. 2. Перед початком процесу формування класифікатора вхідна вибірка потоку даних розбивається на 2 групи підвбірок: тестова, що включає 20% екземплярів вхідної вибірки псевдовипадкової послідовності і навчальна, що складається з 80% екземплярів вхідної вибірки.

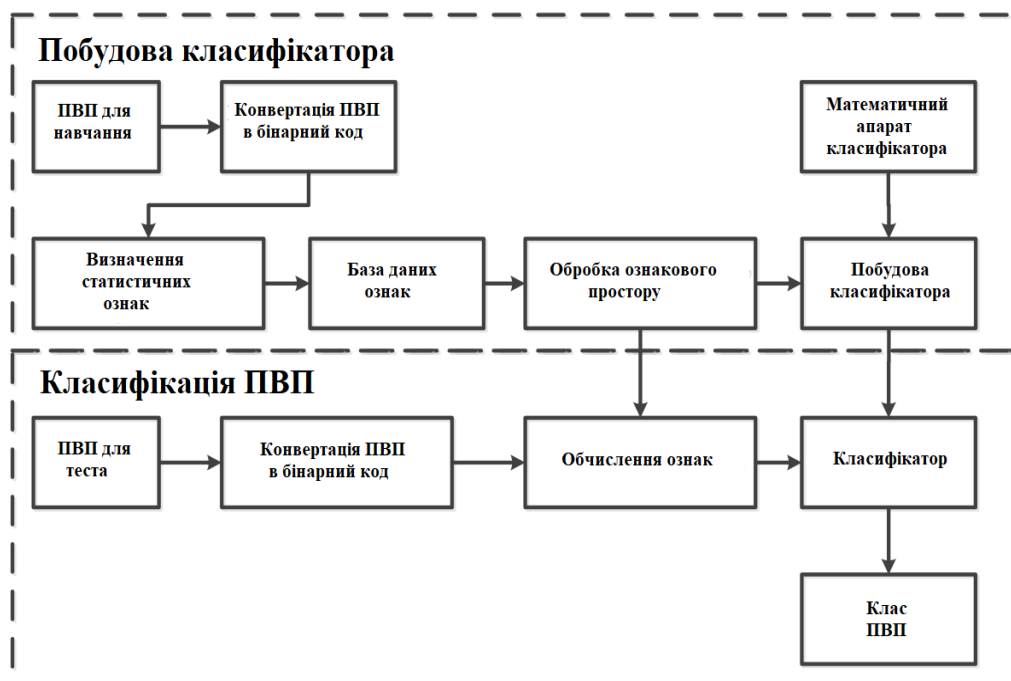


Рисунок 2 - Функціональна модель процесу формування класифікатора

Для розподілу вхідної вибірки псевдовипадкової послідовності застосовується процедура стратифікованого вибору груп, що дозволяє отримати різні набори потоку даних для проведення навчання класифікатора (рис. 3).

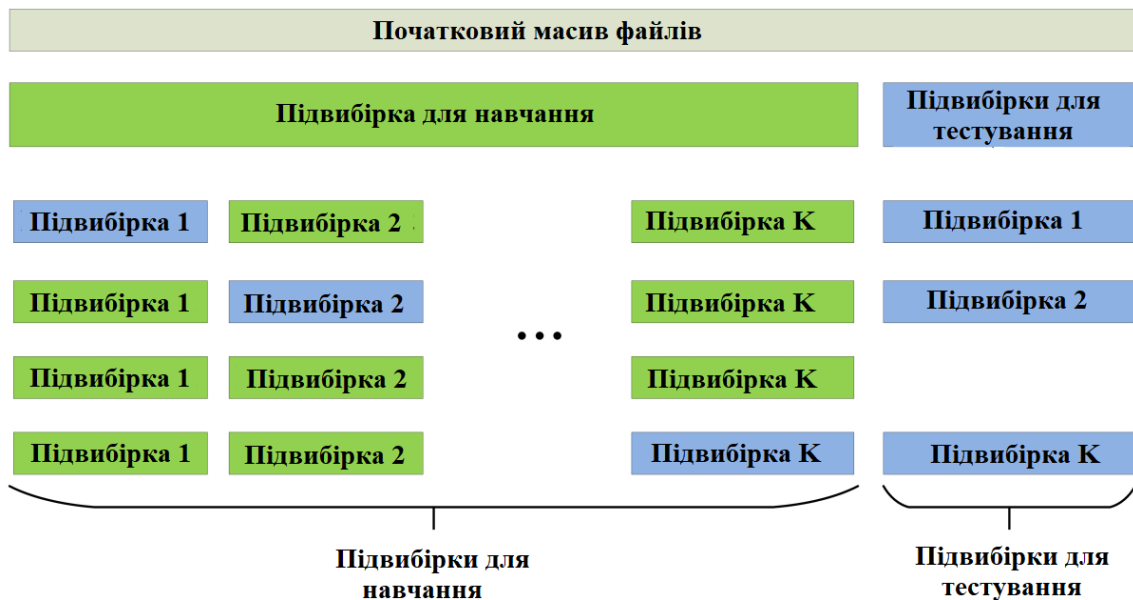


Рисунок 3 - Процедура стратифікованого вибору груп

В подальшому необхідно провести конвертацію аналізованих файлів, з відкиданням перших 10 кбайт, у бінарний вигляд для забезпечення незалежності, що розробляється, моделі псевдовипадкових послідовностей, від цифрових сигнатур, що містяться в заголовній частині зашифрованих та стислих файлів. Введення подібної функції дозволяє розглядати файли, як бінарні послідовності.

Для визначення інформаційних ознак, що найбільш повно описують псевдовипадкові послідовності та дозволяють використовувати послідовності для класифікації псевдовипадкові значення, виконується функція визначення ваг послідовностей, яка реалізує обчислення відповідних значень точності проведеної класифікації для кожного класу псевдовипадкових послідовностей та проведення для сформованого класифікатора процедури тестування. Сформований ознаковий простір, що дозволяє, для послідовностей, досягти найбільшої точності класифікації може бути використаний як модель псевдовипадкових послідовностей, згідно з певними метриками.

Обробка отриманих інформаційних ознак, видалення викидів даних і аномальних значень дозволить підвищити точність та якість класифікації псевдовипадкових послідовностей. На наступному кроці необхідно визначити відповідний математичний апарат, що дозволить досягти максимальної якості та точності класифікації псевдовипадкових послідовностей. Алгоритми машинного навчання поділяються на декілька класів, у магістерській роботі розглядаються непараметричні (дерево рішень, випадковий ліс), метричні, що використовують для визначення класу псевдовипадкових послідовностей відповідну метрику відстані (алгоритм kNN), також необхідно вибрати метрику точності класифікації псевдовипадкових послідовностей.

Вибір метрики точності класифікації псевдовипадкових послідовностей. Найбільш поширеними та застосовуваними метриками для оцінки результатів експериментів отриманих з машинного навчання є: Precision, Recall, Accuracy, F-міра та AUCROC [10 - 12]. Вибір відповідної метрики залежить від типу розв'язуваної задачі, може фокусувати налаштування класифікатора на набір даних з певними характерними рисами.

Перед вибором метрик визначення точності класифікації псевдовипадкових послідовностей алгоритмами машинного навчання необхідно, покладену в основу цих метрик, розглянути одну з головних концепцій – матрицю помилок. Для випадку використання бінарної класифікації матриця помилок представлена на рис. 4. На рис. 4 наведена графічна інтерпретація метрик Recall (повнота) і Precision (точність).

Як наведено на рис. 4 матриця помилок представляє собою матрицю розміру $N \times N$, де N – кількість класів псевдовипадкових послідовностей, що беруть участь у проведенні

класифікації, у випадку бінарної класифікації $N = 2$. Стівпці матриці представляють множину передбачених класифікатором псевдовипадкових послідовностей. Під час проведення класифікації значення комірок матриці інкрементуються на 1.

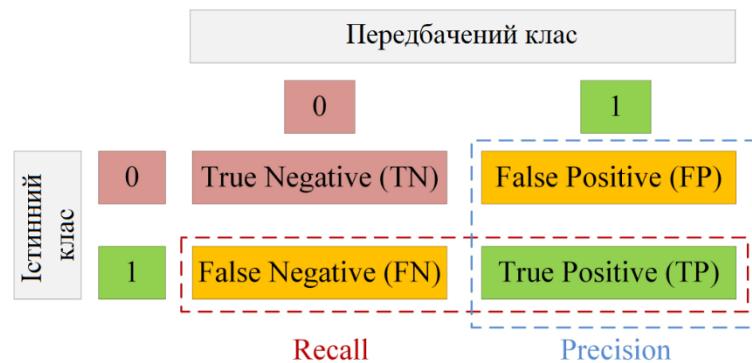


Рисунок 4 - Матриця помилок під час проведення бінарної класифікації псевдовипадкових послідовностей

В залежності від істинності класу псевдовипадкової послідовності, що аналізується, результат оцінки передбаченого класифікатором класу розподіляється на одну з чотирьох груп: вірно віднесених до класу 1 (TP); вірно віднесених до класу 0 (TN); невірно віднесених до класу 1 (FP); невірно віднесених до класу 0 (FN).

Умовний приклад класифікації псевдовипадкових послідовностей представлений на рис. 5. Область вибору класифікатора представлена зафарбованим колом, повні класи псевдовипадкових послідовностей є колонками з виділеними синім і червоним кольором об'єктів. Виходячи з графічної інтерпретації та представленого опису можна зробити висновок про те, що метрика Recall не характеризує здатність класифікатора класифікувати обидва класи псевдовипадкової послідовності, є відображенням здатності знаходити об'єкти певного класу. Метрика Precision дозволяє оцінити, скільки об'єктів одного класу обраних класифікатором дійсно відносяться до заданого. Помилки класифікації поділяють на два типи: False Negative (помилково негативні), False Positive (помилково позитивні). У статистиці перший тип помилок - помилки II-го роду, другий - помилкою I-го роду.

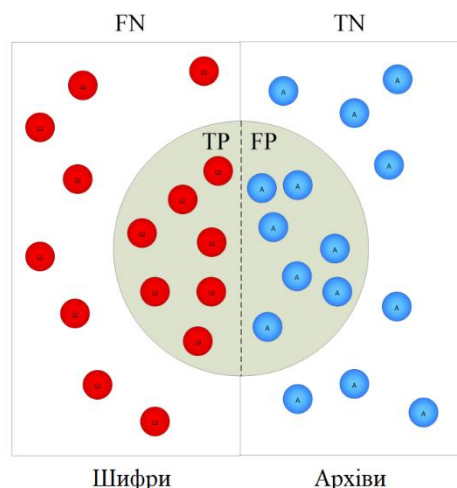


Рисунок 5 - Приклад класифікації псевдовипадкових послідовностей

Метрики точність, повнота, частка правильних відповідей, у формальному виді представлені виразом (1):

$$\begin{aligned}
Precision &= \frac{TP}{TP + FP}, \\
Recall &= \frac{TP}{TP + FN}, \\
Accuracy &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN},
\end{aligned} \tag{1}$$

де TP - вірно класифіковані класифікатором об'єкти першого класу, TN - класифіковані вірно об'єкти другого класу, FP - класифіковані невірно як об'єкти першого класу об'єкти другого класу, FN - класифіковані невірно як об'єкти другого класу об'єкти першого класу.

Таким чином найбільші значення точності і повноти свідчать про високу здатність класифікатора, одночасно дані метрики максимізувати неможливо. Для оцінки точності класифікатора застосовують метрику F - міра, яка є гармонійним середнім між точністю і повнотою, дозволяє враховувати обидві характеристики (метрики). У разі застосування коефіцієнта $\beta = 1$ формула (1) набуває виду F - міри (2). Метрика g - *mean* (3), враховує правильні відповіді обох класів.

$$F1 = (1 + \beta^2) \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{(\beta^2 \cdot Precision + Recall)}, \tag{2}$$

$$g_{mean} = \sqrt{\left(\left(\frac{TP}{TP + FN} \right) \cdot \left(\frac{TN}{TN + FP} \right) \right)}, \tag{3}$$

Метрика *Accuracy* (частка правильних відповідей) враховує помилки класифікатора та всі правильні відповіді. Оскільки вибірка даних є збалансованою, дана метрика обрана для проведення експериментів.

Математичний апарат формування класифікатора псевдовипадкових послідовностей. При проведенні дослідження в предметній області зустрічаються різні набори даних (відкриті набори даних, згенеровані вибірки даних) для проведення тестування алгоритмів машинного навчання, в обох випадках відсутнє обґрунтування розміру вибірок даних. Для підтвердження статистичної значущості експериментів, необхідно визначити кількість файлів кожного класу, нижню межу розміру вибірки даних, оскільки функції статистичного аналізу для отримання ознак з інформації, потребують часових витрат. Для визначення мінімальної кількості даних у вибірці скористаємося Z -критерієм, значення критерію для 99% довірчого інтервалу 2,577 [21]. Оскільки значення статистичних параметрів, дисперсії отримуваних частот підпослідовностей обмеженої довжини N невідомі, скористаємося планованим значенням дисперсії, визначається δ^2 , крім того $\partial f = n - 1$, значення n і $t_{\alpha/2 \partial f}$ невідомі, значення t -критерію може бути апроксимовано двостороннім Z -критерієм. Кількість файлів у кожній групі визначається наступним виразом (4):

$$n = 4 \times \delta^2 \times (z_{\alpha/2} / \omega)^2 + z_{\alpha/2}^2 / 2 \tag{4}$$

Поправочний коефіцієнт $z_{\alpha/2}^2$ вноситься у разі, що значення критерію Z менше значення t -критерію. Виходячи з проведених експериментів, визначена довжина підпослідовності - 9 біт. Ґрунтуючись на описі статистичного тесту на підрахунок не перетинаючих шаблонів пакету тестів NIST [21], визначимо середньоквадратичне відхилення і математичне очікування для підпослідовностей довжиною 9 біт (5):

$$\mu = \frac{M - m + 1}{2^m} \tag{5}$$

$$\sigma^2 = M \times \left(\frac{1}{2^m} - \frac{2 \cdot m - 1}{2^{2m}} \right), \quad (6)$$

де M - довжина аналізованої послідовності в бітах, m - довжина підпослідовності в бітах.

Підставляючи отримані значення для довжини послідовності $M = 700$ і $m = 9$ отримаємо значення математичного очікування $\mu = 9600$ та середньоквадратичного відхилення $\sigma^2 = 18,1$, враховуючи вираз (4) мінімальний розмір кожної групи файлів у вибірці дорівнює 8689 файлів.

Для формування вибірки відібрані текстові файли, що містять осмислений текст українською мовою. Враховуючи специфіку запропонованого підходу та для об'єктивності класифікації, необхідно забезпечити рівність розмірів файлів, що класифікуються, вихідних послідовностей алгоритмів стиснення і шифрування даних, було сформовано дві групи файлів: зашифровані (алгоритми шифрування Camellia, AES, RC4, 3DES), стислі (файли з розширення: ZIP, RAR, GZ, BZ, XZ).

Для побудови класифікатора послідовностей необхідно обґрунтувати вибір використовуваного математичного апарату, який буде використаний для реалізації класифікатора. На теперішній час існує безліч алгоритмів машинного навчання, які демонструють, при вирішенні широкого кола задач, високі результати. В табл. 1 наведено набір файлів проведення експериментів, для вибору математичного апарату класифікатора.

Таблиця 1

Набір файлів проведення експериментів

Алгоритм перетворення	Мітка класу	Кількість файлів	Розмір файла, кБ
AES (CBC)	0	2000	600
3DES (CBC)	0	2000	600
RC4 (CBC)	0	2000	600
RAR	1	2000	600
ZIP	1	2000	600
7Z	1	2000	600
BZ2	1	2000	600

Ретроспективний аналіз дозволяє виділити алгоритми машинного навчання, які застосовуються при класифікації стислих та зашифрованих даних, що найбільш часто зустрічаються в літературі [10].

Застосовувався алгоритм kNN , для класифікації бінарних файлів, точність класифікації відкритих, стислих/зашифрованих даних становила 0,97. Для виявлення зашифрованого трафіку SSH застосовувалися алгоритми адаптивного бустингу та побудови дерева рішень, дозволили досягти точності 0,72. Передана інформація, для обчислення ентропії блоків даних, піддавалася попередньої обробки і передачі класифікатору отриманих ознак для класифікації на основі використання методу опорних векторів, точність дорівнювала 0,79 для стислих/зашифрованих даних.

Для класифікації зашифрованих, бінарних, текстових даних застосовувалися алгоритми побудови дерева рішень та алгоритм опорних векторів, точність становила 0,89. У роботі [14] досліджується можливість класифікації стислих та зашифрованих даних згортковими нейронними мережами алгоритмом і kNN . Найбільшої точності, в даному випадку, досягли використання згорткових нейронних мереж з точністю класифікації 0,68. Досліджується можливість застосування алгоритмів машинного навчання на задачах класифікації не VPN трафіка і VPN , у найбільш пізніх роботах.

Також, розглядаються алгоритми машинного навчання, які показали наступні точності класифікації: випадковий ліс - 0,91; дерево рішень - 0,91; логістична регресія - 0,92; класифікатор на основі згорткових нейронних мереж - 0,97; наївний класифікатор Байеса -

0,35. Застосовувалися метод опорних векторів та алгоритми побудови випадкового лісу, показали невисоку точність при класифікації різних типів файлів: аудіо - 0,63; відео-файли - 0,71; зображення та текстові файли - 0,74.

Таким чином, на теперешній час, можна зробити висновок про найбільш часто використовувані алгоритми машинного навчання: градієнтний бустинг; випадковий ліс; дерево рішень; *kNN*.

У ряді робіт зазначається, що найбільшу точність у задачах класифікації безперервних та категоріальних значень мають алгоритми дерев рішень та побудови випадкового лісу, також у задачах бінарної класифікації. З цієї причини алгоритм *kNN*, дерев рішень, побудови випадкового лісу були обрані для побудови класифікаторів та проведення оцінки їх точності.

Для оцінки адекватності запропонованої моделі проведені експерименти щодо визначення точності класифікації псевдовипадкових послідовностей алгоритмами машинного навчання, отримані результати представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Оцінка точності класифікації ПВП алгоритмами машинного навчання при використанні моделі на основі підпослідовностей байт 9 біт

№ п/п	Алгоритм	Accuracy
1	Random Forest	0,895
2	Decision Tree	0,892
3	kNN	0,92

Висновки. Представлена модель псевдовипадкових послідовностей, що відрізняється від аналогів з врахуванням розподілу байт та з врахуванням частот бітових підпослідовностей довжини 9 біт.

Проведено аналіз ознакових просторів, які найчастіше використовуються класифікаторами під час класифікації псевдовипадкових послідовностей, обґрунтовано вибір довжини підпослідовностей, розміром в дев'ять біт.

Найбільш часто використовувані алгоритми машинного навчання, в різних дослідженнях, пов'язаних з класифікацією інформації: градієнтний бустинг; випадковий ліс; дерево рішень; *kNN*

Для оцінки адекватності запропонованої моделі проведені експерименти щодо визначення точності класифікації псевдовипадкових послідовностей алгоритмами машинного навчання.

Найбільшу точність у задачах класифікації безперервних та категоріальних значень мають алгоритми дерев рішень та побудови випадкового лісу, також у задачах бінарної класифікації. З цієї причини алгоритм *kNN*, дерев рішень, побудови випадкового лісу були обрані для побудови класифікаторів та проведення оцінки їх точності.

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. – К.: МК-Прес, 2015. – 432 с.
5. Голубєв, О.В. Програмно-технічні засоби захисту даних від комп'ютерних злочинів / О. В. Гошубєв– Запоріжжя : «Павел», 2018. – 145 с.

6. Горбулін, П.В. Проблеми захисту інформаційного простору України / М.М. Баченок, П.В. Горбулін – К.: Інтертехнологія, 2019. – 138 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Джулій, В.М. Алгоритми прогнозування вразливостей та загроз інформаційної безпеки на основі тематичних інтернет-ресурсів/ Майор С., Джулій В., Чешун В., Петляк Н. Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». 2023. Випуск 4. С.49-56.
11. 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
12. Ємельянов, С.Л. Основи інформаційної безпеки. / С.Л. Ємельянов– Одеса: Фенікс, 2019р.– 357 с.
13. Кудінов, В.А. Основи протидії кіберзлочинності. / В. М. Смаглюк, В. Г. Хахановський, В.А. Кудінов. – К. : НАВС, 2016р. – 104 с.
14. Лук'янов, Б. В. Комп'ютерний аналіз даних / Б. В. Лук'янов – К. : Академія, 2017р. – 345 с.
15. Соціальні мережі – реальні загрози віртуального світу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ogo.ua/articles/view/011-02-23/26490.htm>.
16. Остапов С. Е. Технології захисту інформації: навчальний посібник / С.Е. Остапов, С.П. Євсєєв, О.Г. Король – Харків : Вид-во ХНЕУ, 2016. – 476 с.
17. 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
18. 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.
19. Рибальченко Л.В., Косиченко О.О. Проблеми безпеки персональних даних в Україні / Регіональна економіка / Запоріжжя. 2019. – с.57-62
20. 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.
21. Лавров, Є. А. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров, Л. П. Перхун, В. В. Шендрік – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.
22. Гончар С. Ф. Оцінювання ризиків кібербезпеки інформаційних систем об'єктів критичної інфраструктури : монографія. / С. Ф. Гончар. – Київ, 2019. – 175 с.
23. Флах, П. Машинне навчання. Наука та мистецтво побудови алгоритмів, які вилучають знання з даних / П. Флах. — Litres, 2019р.-534с.
24. Хорошко, В.О. Захист систем електронних комунікацій: навч. посіб. / В.О. Хорошко, О.В. Криворучко, М.М. Браїловський - Київ., 2019р. 164 с.
25. Yemchuk L. Organizational Network Analysis as a Tool for Leadership Assessment in Software Development Team. Zhylinska O.; Chornyi A.; Dzhuliy V. – Institute of Electrical and Electronics Engineers (30 September 2020); INSPEC Accession Number: 20008165; DOI: 10.1109/ACIT49673.2020.
26. Сигнатура атаки. Wikipedia [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сигнатура_атаки.

27. 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. – K.: 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.(2023), Metod prohnozuvannia vrazlyvostei 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. – C. 123-134.
8. Lenkov, S.V.(2022) Metod protydii 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. – C. 103-117.
9. 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.
10. Dzhulii, V.M. (2023) Alhorytmy prohnozuvannia 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.
11. Lienkov, S.V. (2023) Informatsiino-analitychna systemy prohnozuvannia 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
12. Yemelianov, S.L. (2019) Osnovy informatsiinoi bezpeky./S.L.Yemelianov– Odesa: Feniks – 357s.
13. Kudinov, V.A. (2016) Osnovy protydii kiberzlochynnosti. / V. M. Smahliuk, V. H. Khakhanovskyi, V.A. Kudinov. – K. : NAVS – 104 s.
14. Lukianov, B. V. (2017) Kompiuternyi analiz danykh / B. V. Lukianov – K. : Akademiia – 345 s.
15. Cotsialni merezhi – realni zahrozy virtualnogo svitu. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://ogo.ua/articles/view/011-02-23/26490.htm>
16. Ostapov, S. E. (2016) Tekhnolohii zakhystu informatsii: navchalnyi posibnyk / S.E. Ostapov, S.P. Yevseiev, O.H. Korol–Kharkiv : Vyd-vo KhNEU. – 476 s.
17. Lenkov, S.V. (2017), Anallz Isnuyuchih metodiv ta algoritmiv viyavlennia atak v bezdrotovih merezhah peredachI danih / S.V. Lenkov, V.M. Dzhuliy, N.M. Bernaz, S.O. Bozhuk // Zbirnik naukovih prats Viiskovoho Institutu Kiyivskogo natsionalnogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – Vip. No 56. – p.124-132
18. 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.
19. Rybalchenko, L.V., Kosyuchenko, O.O. (2019) Problemy bezpeky personalnykh danykh v Ukraini / Rehionalna ekonomika / Zaporizhzhia – s.57-62
20. Dzhulii, V.M. (2022), Metod klasyfikatsii dodatktiv 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.

21. Lavrov, Ye. A. (2017.), Matematychni metody doslidzhennia operatsii : pidruchnyk / Ye. A. Lavrov, L. P. Perkhun, V. V. Shendryk – Sumy : Sums'kyi derzhavnyi universytet – 212 p
22. Honchar, S. F. (2019) Otsiniuvannia ryzykiv kiberbezpeky informatsiinykh system obiektiv krytychnoi infrastruktury : monohrafiia. / S. F. Honchar. – Kyiv – 175 s.
23. Flakh, P. Mashynne navchannia. Nauka ta mystetstvo pobudovy alhorytmiv, yaki vyluchaiut znannia z danykh / P. Flakh. — Litres, 2019r.-534s.
24. Khoroshko, V.O. Zakhyst system elektronnykh komunikatsii: navch. posib. / V.O. Khoroshko, O.V. Kryvoruchko, M.M. Brailovskyi - Kyiv., 2019r. 164 s.
25. 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.
26. Syhnatura ataky. Wikipedia [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu do resursu: https://uk.wikipedia.org/wiki/Syhnatura_ataky.
27. 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. Tech. Sci. Prof. Lienkov S.V., Ph.D Dzhuliy V.M.,
PhD. Mulyar I.V., Ph.D. Kubiavka M.B**

FUNCTIONAL MODEL OF CLASSIFICATION OF PSEUDO-RANDOM SEQUENCES OF ENCRYPTED AND COMPRESSED DATA PREVENTION OF LEAKAGE OF CONFIDENTIAL INFORMATION

The task of building a formalized insider model, which can be used both in commercial and public companies, is considered. 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.

The development of a model of pseudo-random sequences will allow us to assess the degree of influence of statistical features extracted from pseudo-random sequences and used in the process of forming a classifier on the accuracy of the classification procedure. The obtained quantitative values of the features will allow to optimize the number of parameters, subject to the required accuracy, to estimate the complexity of the feature removal procedure. On the basis of the simulation results obtained, the identified features of the classifier, it is necessary to justify the choice of a mathematical apparatus, which will allow us to proceed to the practical implementation of the sequence classification algorithm formed by data compression and encryption algorithms.

The conducted analysis of research in this subject area made it possible to identify a practical problem of existing protection mechanisms: low accuracy of detecting encrypted information, due to their similarity to typical high-entropy sequences, use of service information inherent in the transmission process, storage of confidential information. Thus, the task of classifying encrypted and compressed data is relevant.

In order to solve the given task, it is necessary to: conduct an analysis of the features of the functioning of prospective means of preventing and detecting the leakage of confidential data, identify the limitations associated with the detection of compressed and encrypted information, justify the choice of an appropriate feature space for modeling pseudo-random sequences formed by information compression and encryption algorithms; to develop a model of pseudo-random sequences formed by data compression and encryption algorithms, which differs from known ones, taking into account their statistical characteristics.

The presented model of pseudorandom sequences differs from analogs taking into account the distribution of bytes and taking into account the frequencies of bit subsequences of length 9 bits. To assess the adequacy of the proposed model, experiments were conducted to determine the accuracy of classification of pseudorandom sequences by machine learning algorithms.

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

РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ГРИ З ДВОСТОРОННІМ ПІДСЛІДКОВУВАННЯМ ДЛЯ ВИПАДКУ АНАЛІЗУ РІЗНОРОЗМІРНИХ ДАНИХ

Широке застосування в сучасних умовах систем імітаційного моделювання бойових дій під час їх використання в стандартизованих процедурах прийняття рішень, призводить до підвищення ефективності та якості систем імітаційного моделювання. В дослідженні проведено аналіз рішень ігрових моделей ведення двосторонньої гри із протилежними інтересами для випадку коли числові значення мають різнорозмірний характер. Крім того, проведено роботу щодо розвитку та вдосконалення ігрової моделі двосторонньої гри. Актуальність роботи обумовлена широкою реалізацією систем імітаційного моделювання бойових дій як програмного забезпечення комп'ютерних систем з ОС Android та Windows. В роботі досліджується визначення шляхів реалізації раціональних мішаних стратегій складною системою як ігрових моделей ведення двосторонньої гри із протилежними інтересами з сідловою точкою. В зазначених системах представлення чисел здійснюється з плаваючою комою. З'ясовано, як саме особливості представлення чисел впливають на результати моделювання, коли використано різнорозмірні дані. Результати роботи дозволять виключити недостовірні результати імітаційного моделювання під час їх використання в стандартизованих процедурах прийняття рішень. Показано, що з використанням максимінінної стратегії стійкі цикли гри утворювалися тільки з урахуванням значень елементів матриці ймовірностей переходів. Це досягається формуванням гри, значення вихідних даних для якої складаються тільки з нулів і одиниць. За зазначених умов стають два завдання. Це дослідження впливу особливостей представлення чисел в плаваючій комою на результати моделювання. Та розвиток і вдосконалення ігрових моделей систем імітаційного моделювання бойових дій для усунення негативного впливу їх помилок на результати використання стандартизованих процедур прийняття рішень. В результаті досліджень вдосконалено ігрову модель з двостороннім підслідковуванням для випадку різнорозмірних даних. Вдосконалена модель відрізняється від відомих використанням в якості критерію оцінки ефективності роботи технологічної системи управління множини усіх досягнутих результатів функціонування виконуючих елементів підсистеми.

Ключові слова: двостороннє підслідковування, стійкі цикли, різнорозмірні дані, представлення чисел з плаваючою комою.

Вступ. Останнім часом, в залежності від специфіки завдань та ризиків в бойовій обстановці органів та засобів розвідки, не вистачає для виявлення засобів та об'єктів противника на ділянках місцевості. Проведений аналіз результатів бойових дій показує, що зростання зусиль на забезпечення розвідки сил та засобів противника в порівнянні останніх двох років зросло в 2–3 рази. По перше, це контроль за великими ділянками місцевості та, на жаль, ще багато апаратури старого парку. В той же час на порядок збільшились можливості противника, що направленні на протидію роботі технічним засобам розвідки та органам розвідки. Слід зазначити, що управління силами розвідки здійснюється реалізацією існуючих моделей управління різнорідними силами і засобами. Ці моделі добре описано у [1 – 4].

Досвід бойових дій показує, що для ефективного виявлення сил і засобів противника на ділянці місцевості, потрібно проводити перерозподіл технічних засобів розвідки (ТЗР) та порядок застосування органів розвідки (ОР), які будуть найефективніші в даний період часу. Поряд з роботою ОР та ТЗР потрібно враховувати різноманітний вплив противника.

Актуальність роботи обумовлена широкою реалізацією систем імітаційного моделювання бойових дій під час їх використання в стандартизованих процедурах прийняття

рішень (decision making process). Та відповідно і плати за похибки в прийнятті управлінських рішень [5]. Системи імітаційного моделювання бойових дій реалізуються як програмне забезпечення комп'ютерних систем з ОС Android та Windows [6, 7]. В зазначених операційних системах представлення числових даних здійснюється з плаваючою комою [8], що накладає обмеження на застосування теоретичних результатів досліджень двосторонньої гри із протилежними інтересами.

Аналіз останніх досліджень

Описом розподілів об'єктів розвідки на місцевості раніше була присвячена робота [9]. Автори провели послідовну апробацію та верифікацію моделі закону розподілу об'єктів розвідки в глибині бойових порядків. Для відновлення моделей закону розподілу об'єктів розвідки розроблено метод апроксимації щільностей розподілу ймовірностей багатогодового вигляду. Апробація проведена на відомих статистичних даних шляхом багатократного відновлення аналітичної структури. Але в дослідженні не приділено необхідної уваги динаміці досліджуваного процесу за умов протидії.

В роботі [10] досліджується визначення шляхів реалізації раціональних мішаних стратегій складною системою як ігрових моделей ведення двосторонньої гри із протилежними інтересами з сідловою точкою. Автор зосередився на отриманні оптимальної за визначеними критеріями моделі гри. Слід зазначити, що реалізувати отримані рішення на операційних системах Android та Windows без розроблення спеціальних методів врахування розрядності представлення числових значень вихідних параметрів складно. Це обумовлено особливостями представлення чисел з плаваючою комою [8].

В роботі [11] отримано ігрові моделі ведення двосторонньої гри із протилежними інтересами для випадку визначення раціональної стратегії, коли противник не аналізує роботу наших технічних засобів розвідки і перешкоди для них з'являються випадково. Логічним розвитком моделей ведення двосторонньої гри із протилежними інтересами стала робота [12] де запропоновано теоретичне рішення формування оптимальних змішаних стратегій управління складною системою для конкретного практичного випадку.

Можна зауважити, що роботи [10 – 12] не враховують особливості реалізації аналітичних залежностей в програмному забезпеченні систем імітаційного моделювання взагалі та особливості представлення чисел в плаваючою комою комп'ютерних систем з ОС Android та Windows. Отримані результати є суто теоретичні в відповідних галузях і складно реалізуються в випадку спроб їх програмування популярними засобами.

Особливістю вихідних даних є факт їх різнорозмірності. Під різнорозмірністю мається на увазі використання даних описаних як float та double в програмних реалізаціях моделей. Але зазначений факт в відомих роботах з дослідження моделей двосторонньої гри із протилежними інтересами з сідловою точкою не враховується.

Для представлення чисел в програмних реалізаціях моделей гри застосовується стандарт IEEE 754 [8], що взагалі широко застосовується у мікропроцесорній техніці та програмуванні. Більшість сучасних мікропроцесорів виготовляється з апаратною реалізацією формату представлення чисел введеного стандартом IEEE 754 [13]. Ні розвиток мов програмування, ні спеціальні методи, що використовуються розробниками програмного забезпечення, не змінюють кардинально ситуацію. Це пояснюється фактом того, що в світі комп'ютерів іншого представлення чисел просто не існує.

Помилки, які витікають з використання стандарту IEEE 754, і які пов'язані з точністю представлених чисел, добре проаналізовано в [14]. В цій роботі визначені граничні значення похибок саме представлення чисел, але на жаль в роботі не розглядалися питання впливу цих похибок на кінцевий результат проведення арифметичних операцій в ОС Android та Windows 10.

Спробою дослідження впливу похибок представлення чисел з плаваючою комою при моделюванні практичних галузей є робота [15]. В роботі проаналізовано витрати працездатності систем діагностики. Прогнозування значень діагностичних параметрів складних систем з представленням чисел з плаваючою комою, але спроб вироблення практичних рекомендацій зниження впливу помилок представлення чисел за стандартом

IEEE 754 не зроблено.

Для сучасних ОС Android та Windows розмір в 8 байт є нищівним. З метою виправлення ситуації запропоновано використання другої редакції стандарту IEEE754 [16]. Але такі помилки представлення чисел з плаваючою комою, як помилки викликані зрушенням мантис (циклічні діри), помилки викликані округленням (брудний нуль), помилки на границі норма/денорма числа (числа вбивці) не усунуті, що обумовлено підвалинами закладеними в стандарт.

Мета статті. Метою роботи є розвиток і вдосконалення ігрової моделі ведення двосторонньої гри із протилежними інтересами для виключення можливості негативного впливу представлення чисел в плаваючою комою в комп'ютерних системах імітаційного моделювання бойових дій.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Отримати ігрову модель ведення двосторонньої гри із протилежними інтересами для випадку, коли числові значення мають різнорозмірний характер.

Виклад основного матеріалу. В ігровій моделі конфліктуючі системи подаються двома гравцями із протилежними інтересами. 1-й гравець виявляє об'єкти та приймає рішення на застосування органів розвідки та технічних засобів розвідки. 2-й гравець виявляє органи та засоби розвідки, керує розміщенням та переміщенням об'єктів для ефективного їх застосування.

Дослідження питань по підвищенню ефективності виявлення об'єктів противника розглянемо у вигляді складної системи. Нехай система на застосування органів розвідки та технічних засобів розвідки S_1 , якою управляють, функціонує протягом часу T з метою виконання задачі по заздалегідь заданому критерію ефективності E . Антисистема S_2 – це противник, що виявляє органи та засоби розвідки, керує розміщенням та переміщенням об'єктів для ефективного їх застосування, знижуючи значення показника E системи S_1 , використовуючи множину сигналів протидії

$$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_n\}. \quad (1)$$

Таким чином, обмеженість технічних можливостей контролювати всю ділянку місцевості, де знаходиться противник, приводить до вимог вдосконалення застосування органів розвідки та технічних засобів розвідки при управлінні ними.

Система, якою управляють S_1 для відновлення ефективності E , має у своєму розпорядженні множину засобів захисту

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_m\}. \quad (2)$$

В якості множини можливо використовувати ведення управління декількома органами розвідки та різними видами технічних засобів розвідки, використовувати систему управління цими засобами $S_{1\text{упр}}$ з множинами X та Y , які зв'язані часом застосування засобів захисту

$$T^x = \{T_1^x, T_2^x, \dots, T_i^x, \dots, T_m^x\}, \quad (3)$$

і засобів протидії

$$T^y = \{T_1^y, T_2^y, \dots, T_j^y, \dots, T_n^y\}, \quad (4)$$

де T_i^x – час одноразового застосування засобу захисту X_i для управління органом розвідки або ТЗР; T_j^y – час однократного застосування засобу протидії Y_j (переміщення об'єктів).

У кожний момент часу t значення ефективності $E_{ij}(t)$ системи S_1 , якою управляють, визначається впливом на неї засобу протидії $Y_j (Y_j \in Y)$ і засобом захисту $X_i (X_i \in X)$; причому, протягом часу застосування зазначених впливів, E_{ij} не змінюється. Система, якою управляють S_1 , має засоби протидії системи S_2 і відповідних їм значеннях ефективності системи S_1 для різних засобів протидії й захисту й має можливість у процесі функціонування визначати застосовуване системою S_2 засіб протидії. Ця можливість характеризується

$$t^y = \{t_1^y, t_2^y, \dots, t_j^y, \dots, t_n^y\} \quad (5)$$

де t_j^y – час, що витрачається системою S_1 на розпізнавання застосовуваного системою S_2 засобу протидії Y_j (від моменту початку застосування засобу протидії Y_j до моменту встановлення факту його застосування).

Можливості системи S_2 по виявленню роботи технічних засобів розвідки S_1 характеризуються множиною

$$t^x = \{t_1^x, t_2^x, \dots, t_i^x, \dots, t_m^x\}, \quad (6)$$

де t_i^x – час, що витрачається системою S_2 на впізнавання застосовуваного системою S_1 ефективності системи X_i .

Множини t^x і t^y характеризують час запізнювання інформації в системах S_1 і S_2 .

Величина T є час, необхідний системі S_1 для виконання нею в процесі функціонування завдання. За час T відбувається багаторазова зміна засобів протидії й захисту засобу управління, так що

$$T_i^x < T \text{ та } T_j^y < T. \quad (7)$$

Для запропонованої ігрової моделі розглянемо випадок, коли обидва гравця мають можливість впізнавати застосовувані в цей момент противником стратегії, тобто виконується умова

$$t_i^x < T_i^x \text{ та } t_j^y < T_j^y. \quad (8)$$

Гра протікає наступним чином. Нехай на початку гри застосовуються деякі стратегії X_i та Y_j . 1-й гравець протягом часу t_j^y робить впізнавання стратегії Y_j й переходить до такої ж стратегії $X_{i(j)}$, при якій для даної стратегії Y_j виграш стає максимальним і рівним $\max_i a_{ij}$. Після зміни стратегії 1-м гравцем 2-й гравець протягом часу t_i^x робить впізнавання застосовуваної 1-м гравцем стратегії й переходить до такої ж стратегії $Y_{j(i)}$, при якій для даної стратегії X_i виграш стає мінімальним і рівним $\min_j a_{ij}$. Після зміни стратегії 2-м гравцем починає аналіз стратегії $Y_{j(i)}$ 1-й гравець і таке інше.

Поведінка, при якій гравець спочатку робить впізнавання застосовуваної противником чистої стратегії, а потім використовує найвигіднішу для себе чисту стратегію, будемо називати підслідкуванням. Якщо підслідкування здійснюють обидва гравця, то будемо говорити, що має місце гра з двостороннім підслідкуванням.

Після завдання в грі поведінки гравців ставиться наступна задача: в умовах двостороннього підслідкування необхідно визначити середній за час гри T виграш 1-го гравця.

Висновки та напрямки подальших досліджень. В результаті досліджень вдосконалено ігрову модель з двостороннім підслідкуванням для випадку різнорозмірних даних. Вдосконалена модель відрізняється від відомих використанням в якості критерію оцінки ефективності роботи технологічної системи управління множини усіх досягнутих результатів функціонування виконуючих елементів підсистеми. Ігрова модель адаптована

для систем імітаційного моделювання бойових дій на базі з ОС Android та Windows для управління органами та засобами розвідки.

Слід зауважити, що використання отриманої ігрової моделі в умовах, коли невідома стратегія протидії противника показало не доцільність одночасного застосування всіх засобів захисту (протидії), оскільки зростає складність системи, що призводить до зниження її надійності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Томашевський В.М. Моделювання систем / В.М. Томашевський// К.: БІУ, 2005.
2. Таха Х. Введение в исследование операций, 7-е издание. / Х. Таха// М.: Издательский дом "Вильямс", 2005.
3. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: [підручник] / Ю.П. Зайченко// К.: ЗАТ "ВІ-ПОЛ", 2000.
4. Більчук В.М. Спеціальні розділи теорії ймовірностей та математичної статистики [навчальний посібник] / В.М. Більчук // Х.: ХНУР, 2008. – 226 с.
5. Стандарт ВС 5-0 Процес прийняття рішень, Київ, 2016
6. Загальна характеристика системи імітаційного моделювання бойових дій BATTLECOMMAND, електронний ресурс// <http://sim.nuou.org.ua/>
7. Застосування систем імітаційного моделювання бойових дій, електронний ресурс//<http://www.ukr.vipreshebnik.ru>
8. IEEE Стандарт для двоичної арифметики з плаваючою запятою,(ANSI/IEEE Std 754-1985)/ Видавництво IEEE, East 47th Street, NewYork, NY 10017, USA, 1985 p.
9. Левченко А.О. Моделі щільності імовірності, що побудовані за гістограмами розподілу об'єктів розвідки для різних видів бою [Військово-технічний збірник] / Левченко А.О., Багінський В.А. //Академія сухопутних військ. – Випуск 2. – Львів: АСВ, 2009. – 128 с.
10. VITALIY PAVLENKO Estimation of the Multidimensional Dynamical Characteristic Eye–Motor System/ VITALIY PAVLENKO, DMYTRO SALATA, YURIY MAKSYMENKO// Mathematical Methodsand Computational Techniques in Scienceand Engineering. Cambridge, UK 24–26 February 2017.
11. Максименко Ю.А. Постановка задачі оптимізації моделі функціонування складної системи радіоуправління технічними засобами в умовах протидії [Сборник научных трудов] / Максименко Ю.А.// «SWORLD». Технические науки. Международное научное издание. Выпуск 1 (38).– 2015.
12. Максименко Ю.А. Реалізація оптимальних змішаних стратегій складною системою радіоуправління технічними засобами. [Збірник наукових праць.] / Максименко Ю.А.//. Одеса, ОДАТРА, 2015.
13. IEC 60559:1989 Стандарт: двоичная арифметика с плавающей запятой для микропроцессорных систем/ Видавництво IEC, East 47th Street, NewYork, NY 10017, USA 2008 p.
14. Яшкардін В. IEEE 754 – стандарт двоичной арифметики с плавающей запятой, електронний ресурс// www.softelectro.ru
15. A.O. Levchenko Souse of working capacity losses of diagnostic system of armament and military equipment of the second grad eincluding the number swith Floating-Point/ A.O. Levchenko, R.M. Voitenkov // ISSN International Center. – Sbornik nauchnykh trudov SWORLD. – 2014. – № 4(37).
16. IEEE Стандарт для двоичной арифметики с плавающей запятой (ANSI/IEEE Std 754-2008)// Видавництво IEEE, East 47th Street, NewYork, NY 10017, USA 2008 p.

REFERENCES:

1. Tomashevskiy V.M. Modeling of systems / V.M. Tomashevskiy// K.: BIU, 2005.
2. Takha H. Introduction to research operations, 7th edition. / H. Takha// M.: Izdatelsky dom "Williams", 2005.
3. Zaichenko Yu.P. Operations research: [textbook] / Yu.P. Zaichenko// K.: CJSC "VI-POL", 2000.
4. Bilchuk V.M. Special sections of probability theory and mathematical statistics [study guide] / V.M. Bilchuk // Kh.:Khnur, 2008. – 226 p.
5. Supreme Council Standard 5-0 Decision-Making Process, Kyiv, 2016

6. General characteristics of the battle simulation simulation system BATTLECOMMAND, electronic resource// <http://sim.nuou.org.ua/>
7. Application of combat simulation simulation systems, electronic resource // <http://www.ukr.vipreshebnik.ru>
8. IEEE Standard for Binary Floating Point Arithmetic,(ANSI/IEEE Std 754-1985)/ Publishing house IEEE, East 47th Street, NewYork, NY 10017, USA, 1985 p.
9. A.O. Levchenko Probability density models built according to histograms of the distribution of intelligence objects for various types of combat [Military and technical collection] / A.O. Levchenko, V.A. Baginskyi. //Academy of Ground Forces. – Issue 2. – Lviv: ASV, 2009. – 128 p.
10. VITALIY PAVLENKO Estimation of the Multidimensional Dynamical Characteristic Eye–Motor System/ VITALIY PAVLENKO, DMYTRO SALATA, YURIY MAKSYMENKO// Mathematical Methods and Computational Techniques in Science and Engineering. Cambridge, UK 24–26 February 2017.
11. Maksimenko Yu.A. Setting the task of optimization of the model of the functioning of a complex radio control system by technical means in the conditions of countermeasures [Collection of scientific works] / Yu.A. Maksimenko// "SWORLD". Technical sciences. International Scientific Edition. Issue 1 (38).– 2015.
12. Maksimenko Yu.A. Implementation of optimal mixed strategies by a complex radio control system with technical means. [Collection of scientific works.] / Maksimenko Yu.A.//. Odesa, ODATRYA, 2015.
13. IEC 60559:1989 Standard: Binary floating-point arithmetic for microprocessor systems/ IEC Publishing House, East 47th Street, NewYork, NY 10017, USA 2008
14. Yashkardin V. IEEE 754 – standard of binary floating-point arithmetic, electronic resource// www.softelectro.ru
15. A.O. Levchenko Souse of working capacity losses of diagnostic system of armament and military equipment of the second grad eincluding the numbers with Floating-Point/ A.O. Levchenko, R.M. Voitenkov // ISSN International Center. – Sbornik nauchnykh trudov SWORLD. – 2014. – № 4(37).
16. IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic (ANSI/IEEE Std 754-2008)// IEEE Publishing House, East 47th Street, NewYork, NY 10017, USA 2008

**PhD. Semchak O.M., PhD. Maksimenko Yu.A., PhD. Mamich V.V.,
Sharshatkin D.Y., Dushkin Y.G.**

IMPLEMENTATION OF THE ANALYSIS OF THE GAME MODEL WITH TWO-SIDED TRACKING FOR THE CASE OF VARIOUS DIMENSIONAL DATA

The widespread use in modern conditions of combat simulation simulation systems during their use in standardized decision-making procedures leads to an increase in the effectiveness and quality of simulation simulation systems. In the study, an analysis of solutions of game models of conducting a two-sided game with opposing interests was carried out, for the case when the numerical values have a multidimensional nature. In addition, work was carried out on the development and improvement of the game model of the two-sided game. The relevance of the work is due to the widespread implementation of combat simulation systems as software for computer systems with Android and Windows operating systems. The paper examines the definition of ways to implement rational mixed strategies in a complex system as game models of conducting a two-sided game with opposing interests with a saddle point. In these systems, numbers are represented with a floating point. It has been clarified how the specifics of the representation of numbers affect the results of modeling when multidimensional data are used. The results of the work will make it possible to exclude unreliable results of simulation modeling when they are used in standardized decision-making procedures. It is shown that using the maximin strategy, stable game cycles were formed only taking into account the values of the elements of the matrix of transition probabilities. This is achieved by forming a game of values of the output data for which consist only of zeros and ones. Under these conditions, there are two tasks. This is a study of the influence of features of the representation of floating-point numbers on simulation results. And the development and improvement of game models of combat simulation simulation systems to eliminate the negative impact of their errors on the results of using standardized decision-making procedures. As a result of research, a game model with two-way tracking for the case of multidimensional data has been improved. The improved model differs from the known ones by using as a criterion for evaluating the effectiveness of the technological control system the set of all the achieved results of the functioning of the executing elements of the subsystem.

Keywords: two-way tracking, stable loops, multidimensional data, floating-point representation

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.

Банзак Оксана Вікторівна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри Електроніки, транспортних технологій та логістики Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку (м. Одеса) ORCID 0000-0002-6649-5013.

Бельська Олександра Арутюнівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту, Національний авіаційний університет, ORCID ID: 0000-0001-9989-1891.

Богданович Володимир Юрійович, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Заслужений діяч науки і техніки України, ORCID ID/0000-0003-0481-9454.

Гахович Сергій Вікторович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-9135-6568.

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

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

Душкін Юрій Георгійович, викладач кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID–0000-0003-0449-0863.

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

Жеребцова Лілія Миколаївна, старший викладач кафедри, кафедри Метрології, якості та стандартизації Державного університету інтелектуальних технологій та зв'язку, (Одеса), ORCID 0000-0008-5433-5558.

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 ID: 0000-0001-7648-7992.

Коваль Мирослав Олександрович, доктор філософії з інформаційної технології, науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка ORCID: 0000-0002-8374-7390.

Кошовий Микола Дмитрович, доктор технічних наук, професор, професор Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Лауреат, Державної премії України в галузі науки і техніки ORCID: 0000-0001-9465-4467.

Кубявка Микола Богданович, кандидат Технічних наук, начальник відділу науково-дослідного центру ORCID: 0000-0003-1745-7023.

Кураксин Денис Володимирович, аспірант Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

Лещенко Олег Іванович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Електроніки, транспортних технологій та логістики Державного університету інтелектуальних технологій та зв'язку (Одеса, Україна), 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 ID: 0000-0001-7689-239x.

Максименко Юрій Анатолійович, кандидат технічних наук, начальник кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID - 0000-0002-1227-2009.

Маміч Віктор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID - 0000-0001-5574-0901.

Муженко Віктор Миколайович, кандидат військових наук, провідний науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, ORCID ID/0000-0002-5023-6463.

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

Петров Віктор Анатолійович, ад'юнкт наукового відділу організації підготовки та атестації науково-педагогічних кадрів науково-методичного центру організації наукової та науково-технічної діяльності Національний університет оборони України, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7966-2020>.

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 ID 0000-0002-0729-9581.

Розмазнін Олександр Петрович, кандидат психологічних наук, доцент кафедри військового лідерства. Військова академія, (м. Одеса), ORCID ID 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.

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.

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

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

Цибізов Андрій Леонідович, кандидат військових наук, старший дослідник, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, ORCID ID/0000-0001-6555-5005.

Черних Юрій Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, Заслужений працівник освіти України, провідний науковий співробітник наукового центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Шевченка, ORCID ID: 0000-0002-0780-6627.

Шаршаткін Данило Юрійович, старший викладач кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID -0000-0002-3362-2469.

Алфавітний покажчик

Банзак Г. В.	7	Коваль М. О.	7	Попов С. А.	55
Банзак О. В.	16	Кошовий М. Д.	61	Размазнін О. П.	55
Бельська О. А.	26	Кубявка М. Б.	74	Семчак О. М.	89
Богданович В. Ю.	39	Кураксін Д. В.	61	Сєлюков О. В.	16
Гахович С. В.	68	Лещенко О. І.	7	Сокур Н. В.	55
Георгадзе О. А.	47	Лєнков С. В.	16, 74	Стоянова-Коваль С. С.	55
Джулій В. М.	74	Максименко Ю. А.	89	Цибізов А. Л.	39
Душкін Ю. Г.	89	Маміч В. В.	89	Черних Ю. О.	26
Єфіменко А. Є.	55	Муженко В. М.	39	Шаршаткін Д. Ю.	89
Жеребцова Л. М.	16	Муляр І. В.	74		
Жиров Г. Б.	68	Петров В. А.	47		

До редакційної колегії Збірника наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка 25.01.2024 року звернувся громадянин України ЛИТВИНОВСЬКИЙ Євгеній Юрійович, щодо порушення академічної доброчесності у статті громадянина України ОЛІЙНИКА Леоніда Віталійовича "Компетентність сучасного офіцера як результат професійної освіти: управлінський аспект", яка опублікована у Випуску № 55 (2017 рік) на с.216-221, а раніше вийшла у збірнику матеріалів конференції у м. Полтава (2006 рік) – електронної версії не існує.

Редакційною колегією було ретельно розглянуто матеріали звернення ЛИТВИНОВСЬКОГО Євгена Юрійовича та прийнято рішення про відкликання даної публікації.

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-чиїх 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 додержання 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. Самоцитовання 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 воєнній сфері : монографія / Г.В. Певцов, А.М. Гордієнко, С.В. Залкін, С.О. Сідченко, А.О. Феклістов, К.І. Хударковський. Х. : Вид. Рожко С.Г., 2017. 276 с.

Книга (Harvard style BSI)

Pievtsov, H.V., Hordiienko, A.M., Zalkin, S.V., Sidchenko, S.O., Feklistov, A.O. and Khudarkovskyi, K.I. (2017), "Informatsiino-psykholohichna borotba u 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

Анотація до статті виконується українською та англійською мовами (загальний обсяг кожної не менш ніж **1800** знаків, включаючи ключові слова).

11 пт

курсив,
жирний

Для керування електронними пристроями, для сучасного користувача важливими критеріями є такі, як: зручність та простота керування. Для того щоб надати 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., Толлок 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 obiektiv" [Modeling of processes of expenditure and resource replenishment grouping of technical objects], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(53), pp. 155-162.

2. Zhyrov, G.B., Lenkov, Je.S., Cycarjev, V.M. and Procenko, Ja.M. (2017), "Modeljuvannja procesu vidmov ob'ektiv, shho vidnovljujut'sja z ijerarhichnoju konstruktyvnoju strukturoju" [Simulation of the process of failure of objects that are restored with a hierarchical constructive structure], *Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, No. 55, pp. 30-39.

11 пт
курсів,
журний

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**

№ 81

Усі матеріали надруковані в авторській редакції

Підписано до друку 31.01.2024 р.
Авт. друк. арк. _____ Формат 60х90/8
Безкоштовно. Замовлення № _____

Надруковано у навчальному картографічному комплексі ВІКНУ

03189, Київ, вул. Ю. Здановської, 81

т. 521-32-89