ISSN 2524-0056 (Print)
ISSN 2519-481X (Online)

ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Виходить 4 рази на рік

№ 78

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

ISSN 2524-0056 (Print)
ISSN 2519-481X (Online)

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

№ 78

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. № 78. 156 с.

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 04.05.23 р., протокол № 10.

Відповідальні за макет:
Литвиненко Н.І.,
Солодєєва Л.В.

Адреса редакції: 03189, м. Київ, вул. М. Ломоносова, 81, тел./факс +38 (044) 521 – 33 – 82
Наклад 50 прим.
Ел.адреса редактора: lenkov_s@ukr.net
Офіційний сайт журналу: http://miljournals.knu.ua/

UDC621.43
LBC 32-26.8-68.49
Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv. K.: VIKNU, 2023. № 78. 156 p.

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 04.05.23, protocol No. 10.

Responsible for the layout:
Lytvynenko N.I.,
Solodeeva L.V.

Address of the editorial office: 03189, Kyiv, str. M. Lomonosova, 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

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

CONTENTS

MILITARY EQUIPMENT AND TWO-DESTINATION TECHNOLOGIES

UDC 531.55

D.Sci.Tech., prof. **Boriak K.F.** (SUITC, Odesa)
D.Sci.Tech., prof. **Lienkov S.V.** (VIKNU)
PhD. **Nazarenko O.A**. (DUITC, Odesa)
D.Sci.Tech., prof. **Sieliukov O.V**.(KNUCA, Kiev)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-01

IMPROVEMENT IN QUALITY OF MANUFACTURING THE LARGE-CALIBER ARTILLERY PROJECTILES (122, 152, 155) FOR GUNS WITH A RIFLED TUBE

An analysis of the technique of manufacturing the large-caliber artillery projectiles (122, 152,155 mm) on modern screw-cutting lathes was carried out taking into account normalized tolerances for metalworking of the projectile components in accordance with international standards in force. It has been established that regardless of the qualifications of the personnel and the use of modern machines in compliance with the requirements of international standards for metalworking, the quality of projectiles from one batch can differ significantly in the value of drift. The reason for the drift of the projectile in the air is the torque of forces arising from the discrepancy in the location of the center of gravity and aerodynamic pressure in reference to the dynamic axis. Since the projectile rotates rapidly in the air, it has been suggested that because of the presence of manufacturing tolerances in metalworking, the center of gravity of the projectile can shift in the transverse plane in reference to the dynamic axis of rotation, and this is the second probable reason which, together with the first one, can affect the kinematics of the flying projectile and drift value. Thus, shocks which deviate the projectile away from the trajectory in space and have a direct impact on the value of drift are exactly caused by the presence and ratio of the forces of two torques caused by a shift in the location of the center of gravity and the center of aerodynamic pressure in reference to the dynamic axis of rotation. To reduce the range of variation (scatter) of drift values, it is proposed to improve the quality control of artillery projectiles by introducing an additional manufacturing operation into the engineering process for calibrating projectiles, and, if necessary, balancing them, by means of the determining parameter in the value of residual disbalance. Both procedures can be carried out on a balancing machine using special manufacturing equipment. Theoretically, projectiles calibrated by the residual disbalance parameter in the same weather conditions of firing will have a reduced range of variation (scatter) of drift values, but it is desirable to check this in practice.

Key words: quality of artillery projectiles, calibrating the projectiles, balancing the projectiles, projectile lateral deflection, projectile flight range, rifled-tubed guns firing accuracy.

Introduction. The first attempt to adjust the serial production of projectiles at Ukroboronprom failed in 2018 [1], and the equipment purchased in South Korea was stopped. In the period from 2019 to 2021, the Ukrainian Ministry of Defense purchased projectiles from various private companies, but many questions arose about the quality of projectiles that did not meet requirements of the modern standards [2]. And finally, in November 2022, Ukroboronprom launched the production of scarce ammunition of Soviet calibers 152 and 122 mm [3]. This news came as a surprise to everyone, since the need for artillery projectiles for the war with the Russians was very high.

Problem statement in general. Ukraine does not have its own long-term experience in the production of artillery projectiles for guns and is taking the first steps in this direction. According to the head of the state joint-stock holding company "Artem", the purchased Korean equipment [4] is

capable of producing up to 18 thousand projectiles per year, which cannot meet the existing needs of the Armed Forces of Ukraine. Therefore, Ukraine cannot manage without the supply of projectiles from foreign partners in the war with Russia. The firing range and accuracy depend on various factors [5]: firstly, on the technical condition of the gun (the quality of the metal from which the gun tube was made, the tube's operating time by the number of shots fired); secondly, on the natural conditions of use (pressure, humidity, air temperature, wind speed and direction, etc.); thirdly, on the qualifications of the servicemembers and the reliability of the coordinates obtained from reconnaissance on the target; and fourthly, on the quality of manufacture of the projectiles themselves. Improving the quality control of artillery projectiles of calibers: 122 mm, 152 mm, 155 mm for guns with a rifled tube is an urgent problem, since the higher the quality of the projectiles, the fewer projectiles need to be spent on hitting one target on the battlefield, and the better the result of artillery shooting, the more military losses the enemy has and the fewer losses in the Armed Forces of Ukraine [6].

Analyzing the recent achievements and publications. The motion trajectory of the projectile in the air is very complex [7] (Fig. 1).

Figure 1. A diagram of the ballistic trajectory and the position of the projectile in flight when firing from a gun with a rifled tube

Thanks to the rifling in the gun tube and a special belt on the outer surface, the projectile, after leaving the tube, assumes a position in space along the axis of rotation at the expense of the gyroscopic effect, but with the loss of kinetic energy under the influence of external forces, the geometric axis of the projectile deviates from the axis of rotation (dynamic axis) [8] in the transversal direction by a small angle α. Lateral deviation of the projectile in the air is called drift. The gyroscopic effect is able to resist the action of torque from external forces and keep the projectile in the direction of the axis of rotation until the rotation speed gradually decreases to a value at which the interaction forces become equal to each other. Since the projectile in the air does not have rigid supports that hold it on a given trajectory, then gradually, with the loss of kinetic energy, the gyroscopic effect that keeps the projectile on the trajectory loses its influence, and the torque of external forces becomes more significant, the phenomenon of precession occurs, in which the axis of rotation the projectile can change its position in space (Fig. 2).

The steeper the trajectory and duration of the flight (shooting distance to the target), the greater the drift will be. When firing at short distances, where the trajectory can be taken as a straight line, there is no drift, since the projectile on the trajectory line keeps the gyroscopic effect at the expense of the high angular velocity of the projectile, while there will be no lateral deflection either. Thus, the main causes of drift are: the presence of a rotational motion of a decelerating projectile; change in air resistance at the expense of the precession of the projectile in space; constant decrease of the tangent to the trajectory.

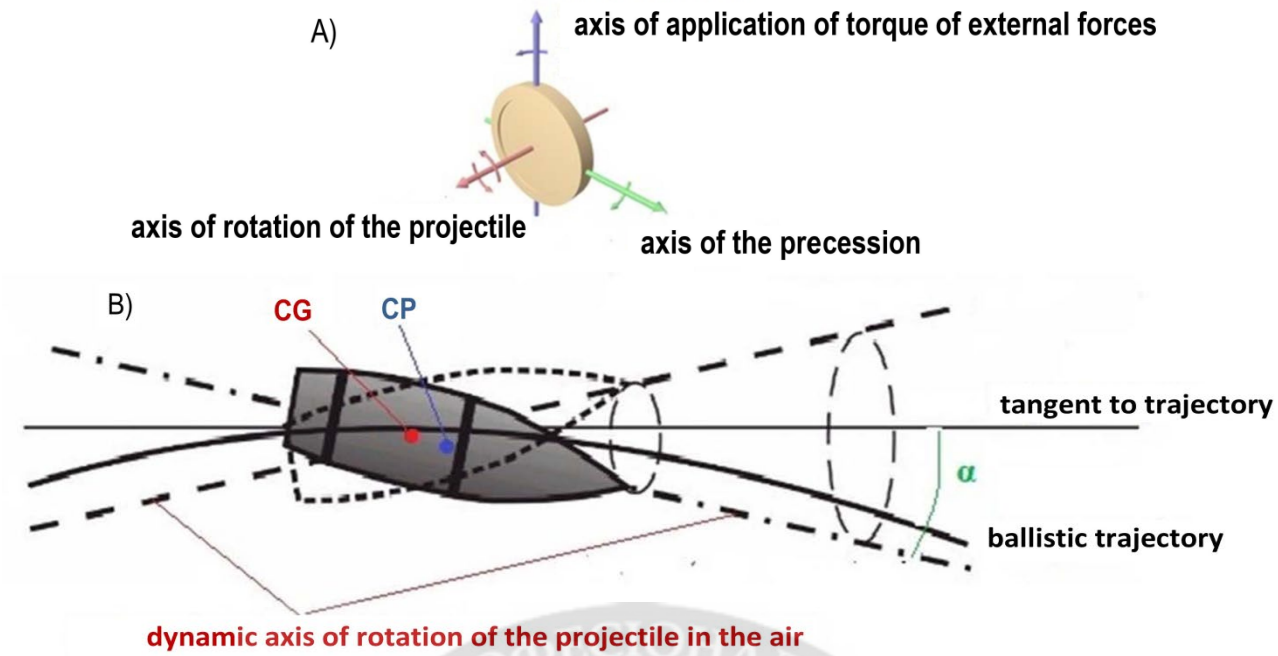


Figure 2. The phenomenon of projectile precession in flight at a long distance with a decrease in the speed of rotation in flight: A) is a diagram of the location of forces; B) is a precessional movement of the projectile in the air. CG is the center of gravity; CP is the center of aerodynamic air pressure

The magnitude of the impact of external forces on the position of the projectile in space is directly proportional to the magnitude of the kinetic energy of the projectile. Under the influence of aerodynamic resistance forces F_{res}, the kinetic energy of the projectile decreases in proportion to the square of the linear velocity according to the formula:

$$E_k = \frac{m \cdot V^2}{2 \cdot g}, \qquad (1)$$

where
E_k = kinetic energy of a moving body (kg·m),
m = projectile mass (kg),
V = projectile linear velocity (m/s).

Let us find the corresponding values for $\boldsymbol{E}_k$ using formula (1) for a 122 mm artillery projectile weighing 21.76 kg, taking into account the difference between the initial velocity of 565 m/s and the final velocity of 276 m/s of a high-explosive fragmentation (HE) projectile [9]:

$$E^{in}{}_k = \frac{21.76 \cdot (565)^2}{2 \cdot 9.81} = 354{,}044 \text{ kg} \cdot \text{m}. \qquad (2.a)$$

$$E^{fin}{}_k = \frac{21.76 \cdot (276)^2}{2 \cdot 9.81} = 84{,}485 \text{ kg} \cdot \text{m}. \qquad (2.b)$$

The difference in the loss of kinetic energy of the projectile at a long distance to hit the target is

$$E_k = \frac{E^{in}{}_k - E^{fin}{}_k}{E^{in}{}_k} \cdot 100\% = \frac{354{,}044 - 84{,}485}{354{,}044} \cdot 100\% = 76\%. \qquad (3)$$

Accordingly, the lower the aerodynamic drag force $\boldsymbol{F}_{res}$ and the magnitude of the drift, the lower the loss of the kinetic energy of the projectile in the air $\boldsymbol{E}_k$, and, accordingly, the greater the range of artillery fire and the power of hitting the target (for armor-piercing projectiles).

Usually, the center of gravity of the projectile (**CG**) does not coincide with the center of aerodynamic pressure (**CP**), which causes a torque, which just turns the projectile in the air (Fig. 3).

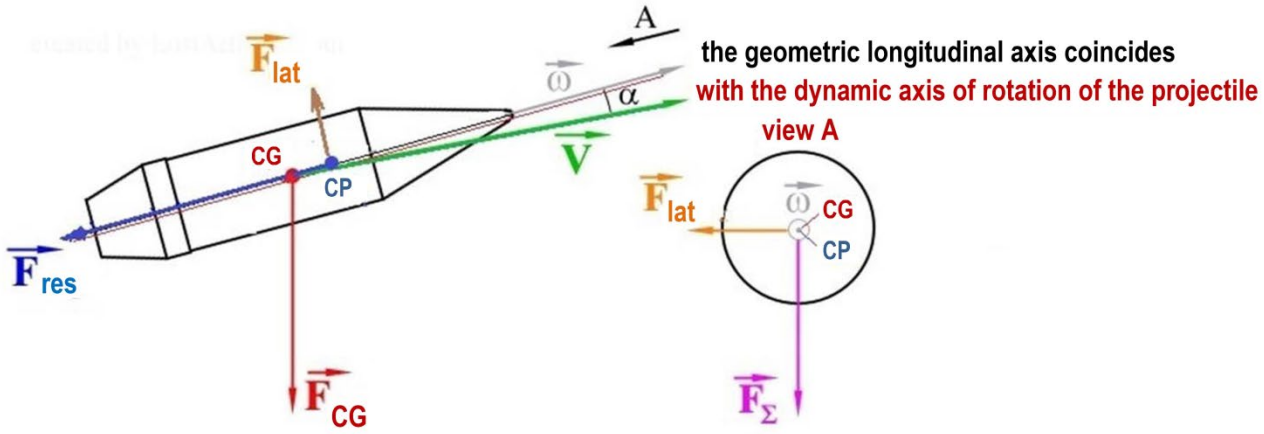


Figure 3. Location of forces when CG and CP do not coincide and are together on a geometric longitudinal axis coinciding with the dynamic axis of rotation of the projectile

This is the first possible reason of projectile drift, which is not the only one. The second reason that can affect the kinematics of the fired projectile and the value of drift is discovered in the possible displacement of the CG not only relative to the CP, but also relative to the dynamic axis of rotation of the projectile in the transversal plane (Fig. 4)

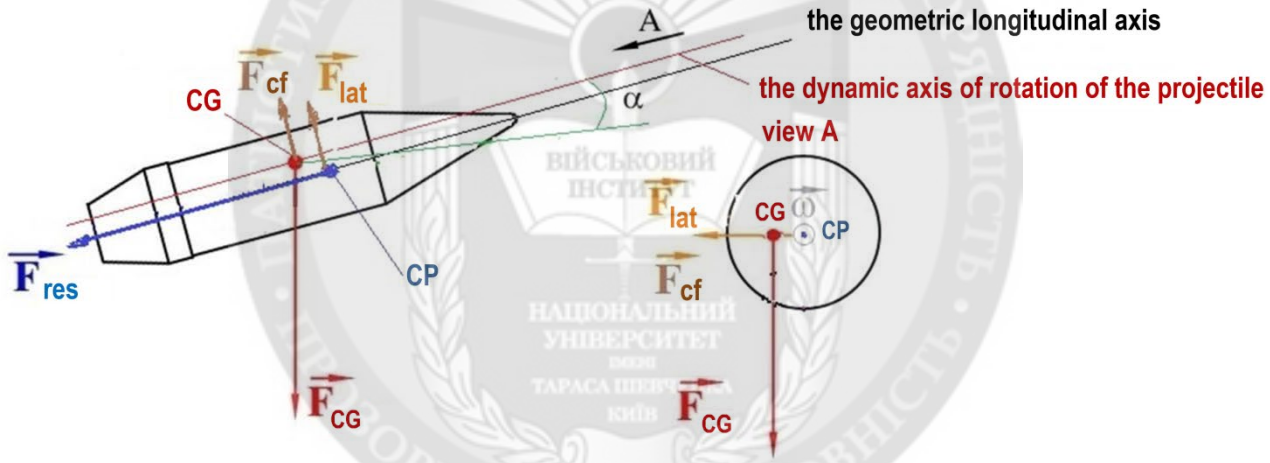
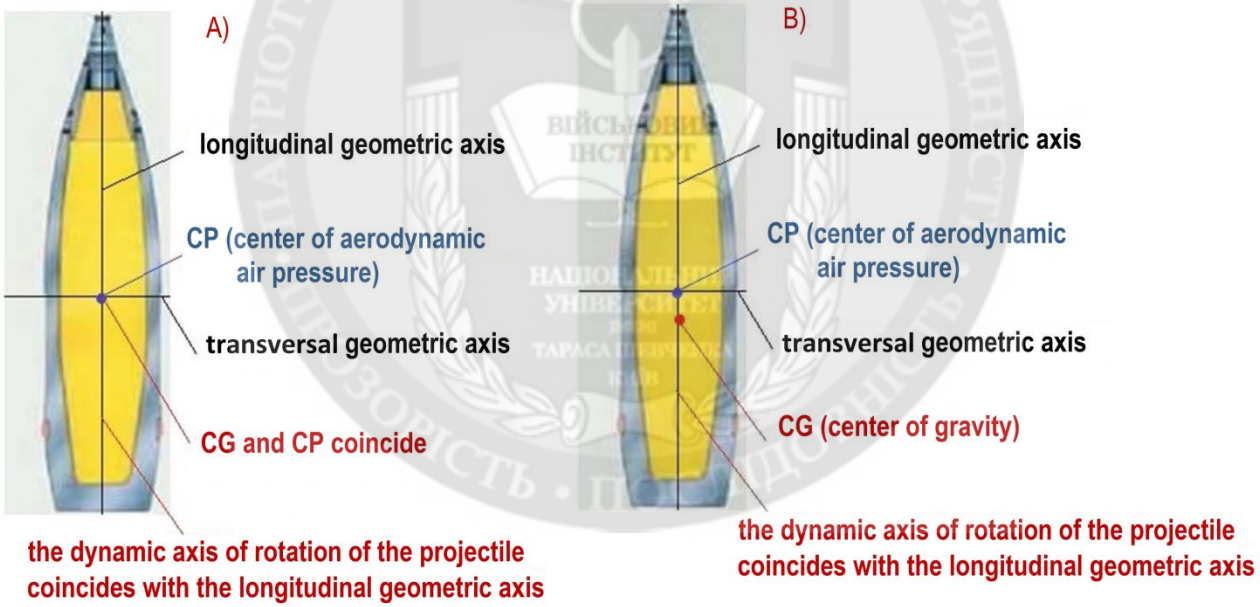


Figure 4. Location of forces when the CG and CP do not coincide
and the CG is on the dynamic axis of rotation of the projectile,
and the CP is on the geometric longitudinal axis, which do not coincide

It is quite obvious that in the presence of eccentricity between the dynamic axis of rotation and the geometric axis of the projectile, in addition to the lateral displacement force $\overrightarrow{F_{\text{lat}}}$, there is also a centrifugal force $\overrightarrow{F_{\text{cf}}}$, coinciding in direction with the force $\overrightarrow{F_{\text{lat}}}$. Based on this, it can be concluded that the nonequilibrium of the projectile associated with the displacement of the CG from the axis of rotation of the projectile (the presence of eccentricity and the action of the centrifugal force of inertia $\overrightarrow{F_{\text{cf}}}$) can additionally affect the drift value (lateral deviation $\overrightarrow{F_{\text{lat}}}$) and, accordingly, on the motion trajectory of the projectile. It can be assumed that the shocks that deviate the projectile towards the trajectory in space and directly affect the drift value are exactly caused by the presence and ratio of the forces of two torques caused by the displacement of the location of the CG and CP relative to the dynamic axis of rotation. The location of the center of gravity depends on the density of the material distribution along the geometric shape of the projectile, and the location of the center of aerodynamic pressure depends solely on the geometric shape of the projectile (Fig. 5).

Figure 5. The most common types of artillery projectiles

Consequently, with almost the same geometric shape of projectiles of the same caliber [10], the aerodynamics of a fired projectile in the air depends entirely on its position in space, which it occupies depending on the location of the CG and CP (Fig. 6).



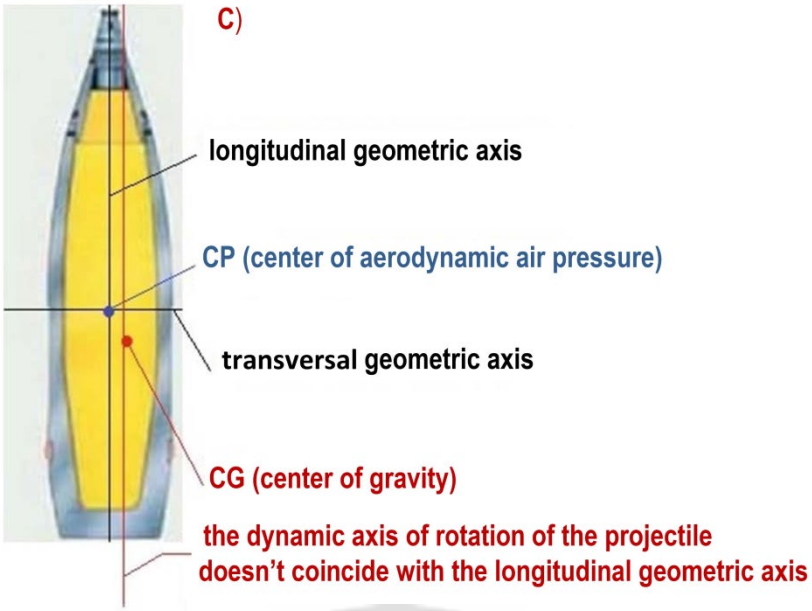


Figure 6. Possible options for the location of the centers of the CG and CP, affecting the ballistic trajectory of the projectile in the air, which can be conditionally divided into three types: A) is high quality workmanship; B) is average workmanship; B) is low quality workmanship

The type A projectile has only one drift value (lateral deflection), which is controllable and depends solely on natural weather conditions and the skill level of artillerymen when firing at a long distance. The use of type A projectiles implies minimal costs in quantity to hit one target. High ballistic characteristics of such projectiles are achieved at the expense of reducing the nonequilibrium of the projectile in the longitudinal and transversal axes of rotation (coincidence of the centers of the CG and CP) by applying a balancing procedure in two perpendicular directions of movement (in this case, the centrifugal force $\overrightarrow{F_{\text{cf}}}$ and the lateral displacement force $\overrightarrow{F_{\text{lat}}}$ will have too small values to deflect the projectile away from the trajectory). In so doing it does not matter which method is applied when manufacturing the projectile body: "centered casting" or "hot pressing" with subsequent metalworking. This is quite possible, provided that the body of the projectile is made in one piece or prefabricated, and the main thing here is that the body does not have threaded connections (individual parts of the body are connected to each other by "hot pressing" or "cold pressing with tension").

The type B projectile has not one value, but a range of drift (lateral deflection) values, which should be taken into account together with natural weather conditions when firing at a target at a long distance and requires an increase in the number of projectiles to hit a single target. The difference is that when manufacturing, the balancing procedure for the type B projectile is applied only for one longitudinal axis of rotation, which minimizes the value of the centrifugal force $\overrightarrow{F_{\text{cf}}}$ to affect the ballistic trajectory of the projectile, but does not exclude the effect of the lateral displacement force $\overrightarrow{F_{\text{lat}}}$, since the centers CG and CP do not coincide, although they are located on the same geometric axis coinciding with the dynamic axis of rotation of the projectile (Fig. 3). It is for this reason that the quality of the type B projectile is classified as medium.

The type C projectile has an uncontrolled range of drift values (lateral deflection), therefore, it requires artillerymen of a high level of skill to empirically determine corrections to the ballistic trajectory when firing at a long distance to hit a single target taking into account natural weather conditions. The type C projectiles are the most inexpensive projectile manufacturing option because of the fact that the projectile body is assembled from separate parts that are connected to each other using metric threads without further balancing of the projectile. Since the balancing procedure is not applied when manufacturing the projectiles of type C, the CG and CP do not coincide and, in addition, they can be located on different axes: the CG is on the dynamic axis of rotation, and the CP is on the geometric longitudinal axis of the projectile (Fig. 4). Therefore, when using such projectiles to hit one target, a much larger number is required than projectiles of types A or B. This assumption is based on the following.

Nonequilibrium is inherent in any physical body rotating in the longitudinal direction around its geometric axis. For example, the angular velocity of rotation of a car wheel at full speed is about 16 rpm, for an aircraft propeller it is within 35–75 rpm, and therefore, in mechanical engineering, before putting into operation, the procedure for preliminarily balancing such rotors on special stands is applied. An artillery projectile fired from a rifled gun tube rotates between 200–500 rpm [11], which is 30 times faster than a car wheel and 5–7 times faster than an aircraft propeller, however there is no any reference about applying a calibration procedure according to the parameter of nonequilibrium (residual disbalance) or balancing the artillery projectiles during their production in open sources of information, and this is understandable [12].

The majority of manufacturers encounter the problem of adjusting the production technique of artillery projectiles for their compliance with international quality standards [13]. According to the world's manufacturing technique of artillery projectiles by "hot pressing", the projectile body is made up of several separate parts (two or three), which, after metalworking on CNC machines, are then connected to each other using threaded connections. Despite the accuracy of measuring the geometric dimensions of the components in the engineering process of manufacturing the projectile (1.5 μm) declared by the Ukrainian manufacturer, let's pay attention to the words of the head of the state joint-stock holding company "Artem" that the Korean equipment purchased for metalworking is an inexpensive option. This means that the Korean metalworking machines most likely comply with the current interstate standard [14], have the usual accuracy class “H”, and have an instrumental error of 40 μm when manufacturing a part of length up to 300 mm (i.5.5 Constancy of diameters in longitudinal section, table 13). In addition, the projectile consists of several separate parts which are interconnected by a metric thread. According to GOST 16093-81 (ST SEV 640-77, which was replaced in Ukraine with three new parts of DSTU ISO 965 [15-17], the threaded connection of projectile parts additionally has its own tolerance, for example, according to the nominal diameter of the part 90–180 mm with thread pitch 1.5 mm tolerance (tables 4 and 5) within ½ of 150–475 μm is taken. Thus, on the fact of permissible errors in metalworking on class “H” machines, a finished projectile, for example, with a caliber of 122 mm with a weight of 21.76 kg [18] or 152 (155) mm with a weight of 43.5 (44.5) kg [19, 20] when flying along a ballistic trajectory, it can have an eccentricity of displacement of the center of gravity in the transversal direction relative to the longitudinal geometric axis of rotation in the air at the expense of the aforecited manufacturing tolerances within 40–75 μm. And this is provided that the metalworking of the outer surface of the projectile body is carried out after assembling all its components into a single whole with one cutter in one pass. If a different metalworking technique is applied in production, for example, when each part of the projectile body is processed separately before connecting to each other, then the total metalworking error in diameter will be even higher (2–3 times) at the expense of the presence of a manufacturing tolerance in the threaded connection. Owing to this, the longitudinal axes of individual parts of the projectile body can be displaced in the transversal direction and not coincide with the axis of rotation of the projectile.

Thus, the technical prerequisites for the occurrence of a residual disbalance in an artillery projectile at the expense of the available tolerances in metalworking when manufacturing the projectiles are sufficient, which means that the assumption put forward about the presence and influence of torque from a residual disbalance on the drift value of an artillery projectile has a weighty basis, and with this it is necessary that to do something.

The aim of the article is: to increase the accuracy and firing range of projectiles, which will lead to:

- the decrease in the total number of projectiles to hit one target and the corresponding decrease in the cost of logistic support with projectiles (at the expense of reducing of the need for the number of projectiles to hit one target),
- the reducing of the cost of maintenance service of guns (at the expense of the increase in the overhaul period before replacing the tube in the gun because of the less of shots from one tube to hit one target),
- the obtaining of a tactical advantage in military operations and successful artillery fire on hitting enemy’s targets (owing to a reduction in the shortage in the number of projectiles of the required caliber).

Main part. A flying artillery projectile can be roughly compared with the first samples of automobile turbines installed on diesel engines. Now their angular velocity of rotation has increased significantly and can reach up to 200,000 rpm, which is why so much attention is paid to the balancing procedure of turbines, as this is the key to its further long-term operation. The difference between these two rotating physical bodies (rigid rotors) is seen in the presence of two supports for the turbine, on which it is fixed in rolling bearings. The supports firmly hold the turbine in place during rotation, which cannot be said about a flying projectile fired from an artillery gun with a rifled tube and rotating around a longitudinal axis in space without supports. The nonequilibrium of the projectile CG, which is determined by the eccentricity and angular velocity of the projectile, can greatly affect the value of the lateral deflection of the projectile. Such a conclusion can be drawn if we look at formula (4) for calculating the centrifugal force of inertia of projectile rotation relative to the geometric axis:

$$F_{\text{cf}} = m \cdot r_{\text{ecc}} \cdot \omega^2 = D \cdot \omega^2, \qquad (4)$$

where

F_{cf} = centrifugal force (kN),

m = projectile mass (kg),

r_{ecc} = eccentricity (distance) of the location of the CG from the geometric axis of rotation of the projectile (mm), which is directly determined by the manufacturing errors in the metalworking of the projectile body on machine tools,

$D = m \cdot r_{\text{ecc}}$ = nonequilibrium (disbalance) of the projectile mass relative to the geometric axis of rotation (gr·mm),

ω = the angular velocity of the projectile in space (rad/s).

To avoid an unpredictable scatter of the values of projectile lateral deflection over a long firing range, it is proposed to improve the quality control of artillery projectiles at the expense of introducing an additional manufacturing operation for calibrating, and, if necessary, for balancing them by several quality classes, for example, 1, 2, 3. As a determining calibration parameter, it is proposed to take the value of the residual disbalance (g·mm) of the projectiles. Both procedures can be carried out on a balancing machine using special manufacturing equipment. To normalize the residual disbalance of artillery projectiles, the current international standard [21] can be used. For example, for rigid rotors of accuracy class G 6.3 (table 1) with an operating angular velocity of rotation in the range of 12,000–30,000 rpm, the permissible value of the specific residual disbalance is 2–5 g·mm/kg (Fig. 7).

Accordingly, for 122 mm caliber projectiles with a weight of ≈22 kg, the permissible rate of residual disbalance for class 1 projectiles will be within 44–110 g·mm, and for a 152 (155) mm caliber projectile with a weight of ≈44 kg, within 88–220 g ·mm. Now, in the production of artillery projectiles, this indicator is not available, and therefore it is not measured in any way, but in vain. It is easy to calculate that a projectile of 122 mm caliber with a weight of 22 kg, which has manufacturing tolerances for metalworking on class H machines with an outer diameter of 40–75 microns (in cross section) can have a residual disbalance value of 880–1,650 g·mm, respectively, and for a projectile larger caliber 152 (155) mm with a weight of 44 kg, respectively, within 1,760–3,300 g·mm, which is 15–20 times higher than the rate allowed by the international standard.

The manufacturing procedure for calibrating projectiles in production should be automated, but first it is better to test the theoretical assumptions experimentally. Therefore, it would be advisable to take samples from one batch of artillery projectiles of any large caliber (122, 152, 155 mm) in the amount of 40 units, to calibrate 30 samples on a balancing stand in accordance with different residual disbalance values for three quality classes of projectiles at the range from one gun on the basis of the same climatic conditions of the experiment, and on the basis of the results obtained to draw a conclusion on the economic feasibility of introducing an additional manufacturing calibration procedure into the production of artillery projectiles.

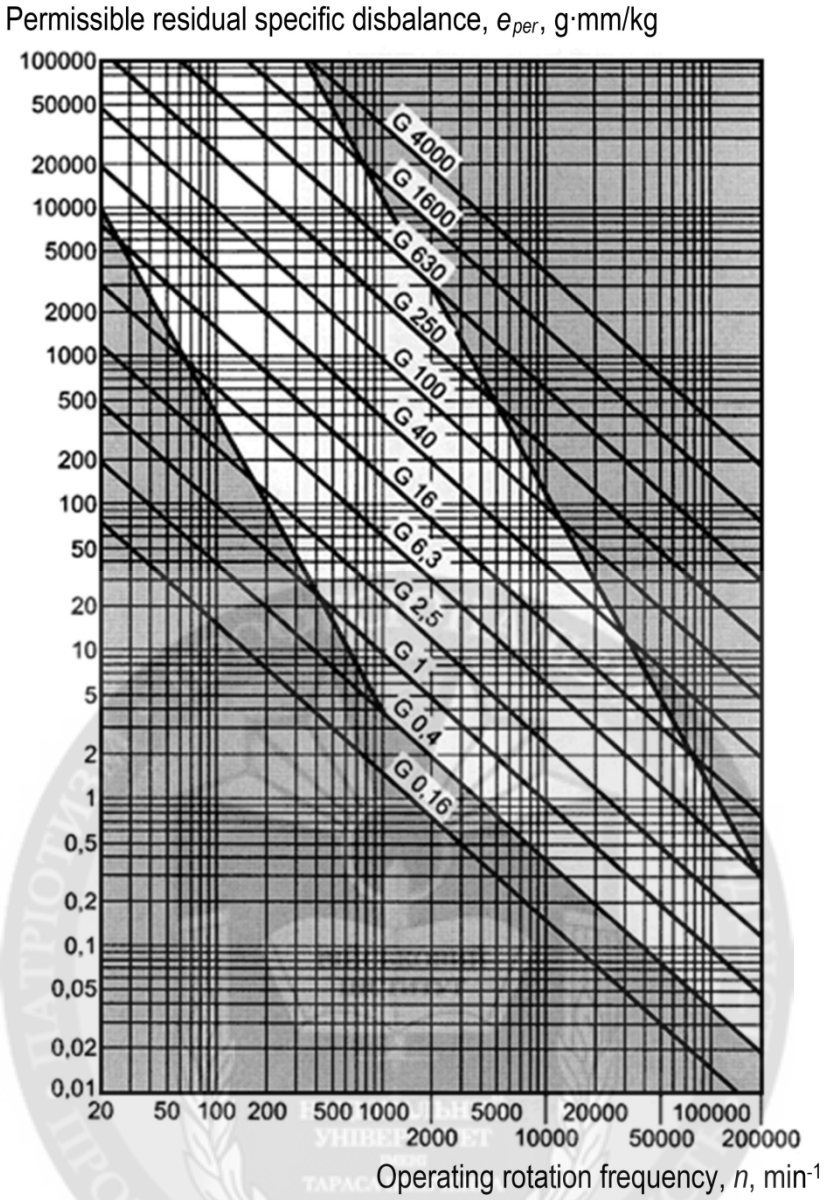


Figure 7. Permissible specific value of residual disbalance for rigid rotors

It may happen that, according to the results of measuring the residual disbalance (calibration procedure), most of the projectiles in one batch will fall into one class in quality and this will most likely not be class 1, but class 2 or 3. Therefore, it is desirable, based on the technique existing in production, assign a balancing method (adding or removing excess mass from the surface of the physical body) and the place of correction on the physical body of the projectile, select tools for this manufacturing operation and try to balance a separate part of the projectiles to class 1 quality.

Let us alculate by formula (4) the value of the centrifugal force of inertia $\overrightarrow{F_{\text{cf}}}$, which will act on a 122 mm caliber artillery projectile with an angular velocity of 500 rpm, equal to 3,142 rad/s, if it is pre-balanced on a balancing machine up to the rate of 110 g·mm = $110 \cdot 10^{-6}$ kg·m according to quality class 1:

$$F_{\text{cf}} = D \cdot \omega^2 = 110 \cdot 10^{-6} \cdot 3{,}142^2 = 1{,}086 \text{ N} \approx 1.1 \text{ kN}. \qquad (5)$$

For the convenience of perceiving the result obtained, we calculate the value of the gravity force F_{CG}, which also acts perpendicular to the geometric axis of rotation of the projectile weighing 22 kg during the flight:

$$F_{CG} = m \cdot g^2 = 22 \cdot 9.81^2 = 2{,}117 \text{ N} \approx 2.1 \text{ kN}. \qquad (6)$$

Since the value of the centrifugal force of inertia F_{cf} for the balanced projectile is 2 times less than the value of gravity F_{CG}, it can be assumed that the influence of F_{cf} on the projectile trajectory (lateral deflection) will also be minimal.

However, for a projectile manufacturer, this is an unnecessary trouble and additional costs associated with the acquisition of new balancing equipment, changes in technique, and an increase in the payroll fund by hiring new workers to work on new equipment. Therefore, a compromise is seen in a proportional increase by the manufacturer in the price of better (balanced) artillery projectiles. Today, the cost of a conventional 155 mm projectile costs about 1,500–2,000 US Dollars [22], and a high-precision projectile, for example, Excalibur Increment Ia-2 (M982) costs 112,800 US Dollars for the US Army [23], but Excalibur hits the target by almost 100 % (lateral deviation is only ±4m), for which one need to spend more than 50 ordinary projectiles.

Conclusions. Based on the foregoing, it can be concluded that despite the manufacturer's compliance with all the requirements of international metalworking standards and the use of modern CNC machines in the production of projectiles, the residual disbalance of the projectile will still be 15–20 times higher than the permissible rates regardless of the qualifications of the personnel. Theoretically, at the expense of the procedure of calibrating (and even better, of balancing) projectiles using a balancing stand, it is quite possible to increase the accuracy and range of fire by reducing the range of variation (scatter) of the drift values, respectively, within the same class (1, 2, 3) of calibrated projectiles in the same weather conditions of firing, which in turn will lead to:

- the decrease in the total number of projectiles to hit one target and the corresponding decrease in the cost of logistic support with projectiles (at the expense of reducing of the need for the number of projectiles to hit one target),
- the reducing of the cost of maintenance service of guns (at the expense of the increase in the overhaul period before replacing the tube in the gun because of the less of shots from one tube to hit one target),
- the obtaining of a tactical advantage in military operations and successful artillery fire on hitting enemy's targets (owing to a reduction in the shortage in the number of projectiles of the required caliber).

The introduction of balancing (calibration) of large-caliber projectiles into production is an economically justified procedure not only for the manufacturer, but also for the Ukrainian Ministry of Defense in the form of real financial savings when purchasing a smaller number of projectiles by improving their quality, and hence reducing the cost of periodic maintenance service for the replacement of gun tubes, which implies a tactical advantage in military operations when using artillery.

REFERENCES

1. Petro Poroshenko na vidkryttiliniyi z vyhotovlennya artyleriys'kykh snaryadiv velykykh kalibriv DAKhK "Artem". Kyyiv, 9 serpnya 2018 roku. Dzherelo: president.gov.ua. URL: https://www.youtube.com/watch?v=l2OONgYEc6Q (Access date: 17.01.2023).
2. Ukrayina zapustyla vyrobnytstvo defitsytnykh 152-milimetrovykh snaryadiv. Chomu til'ky zaraz? Chomu Minoborony nemozhe vidmovytysya vid "radyans'kykh" kalibriv, yak "Ukroboronprom" tayemno nalahodyv vyrobnytstvo snaryadiv i chomu ts'oho nezrobyly za visim rokiv viyny? URL: https://www.epravda.com.ua/publications/2022/12/6/694639/ (Access date: 17.01.2023).
3. Vyrobnytstvo vazhkyh boyeprypasiv: za lashtunkamy – detal'nyi reportazh. URL: https://www.youtube.com/watch?v=l2OONgYEc6Q (Access date: 17.01.2023).
4. Vyrobnytstvo snaryadiv na DAKhK "Artem" "Ukroboronpromu". URL: https://www.youtube.com/watch?v=jjAM-1b31cE (Access date: 17.01.2023).
5. Suchasna stvol'na artyleriya kalibru 152 ta 155 mm. Vidminnosti i tendentsiyi rozvytku. URL: https://mil.in.ua/uk/blogs/suchasna-stvolna-artyleriya-kalibru-152-ta-155-mm-vidminnosti-i-tendentsiyi-rozvytku/ (Access date: 17.01.2023).

6. ZSU vzhezastosovuyut'naperedoviyartyleriys'kisnaryady 155-mm kalibru. URL: https://texty.org.ua/fragments/106605/zsu-vzhe-zastosovuyut-na-peredovij-artylerijski-snaryady-155-mm-kalibru/ (Access date: 17.01.2023).

7. Nikiforov N. N., Turkin P. I., Zherebcov A. A., Galienko S. G. Artilleriya / Podobshh. red. Chistyakova M. N. – M.: Voenizdat MO SSSR, 1953. – 477s.

8. Stril'ba artyleriyi: pidruchnyk / V.M.Petrenko, V.Ye.Zhytnyk, V.I.Makeyev, Yu.Ye.Repilo, O.P.Meshkov – Sums'kyy derzhavnyy universytet, 2012. – 757s.

9. Artilleriya. URL: http://armor.kiev.ua/lib/artilery/06/(Access date: 17.01.2023).

10. Boepripasy. URL: http://armor.kiev.ua/wiki/index.php?title=152-%D0%BC%D0%BC_%D0%B3%D0%B0%D1%83%D0%B1%D0%B8%D1%86%D1%8B_%D0%9C-10_%D0%B8_%D0%94-1._%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C_2._%D0%AD%D0%BD%D0%B4%D1%88%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%8C_%C2%AB%D0%B4%D0%B5%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D0%B8%C2%BB#.D0.91.D0.BE.D0.B5.D0.BF.D1.80.D0.B8.D0.BF.D0.B0.D1.81.D1.8B(Access date: 17.01.2023).

11. Polyot snaryada.URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%91%D1%82_%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B0 (Access date: 17.01.2023).

12. Vyrobnytstvo boyeprypasiv – skladnyy vysokotekhnolohichnyy protses, yakyy mayzhe nepotraplyaye v ob'yektyvy. URL: https://defence-ua.com/news/u_bae_pokazali_jak_vigljadaje_nadsuchasne_virobnitstvo_artilerijskih_bojepripasiv_na_desjatki_tisjach_snarjadiv_na_rik_video-9925.html (Access date: 17.01.2023).

13. Pol's'ko-slovats'ko-ches'ki 155-mm artyleriys'ki boyeprypasy. Dosvid rozrobky ta vprovadzhennya. URL: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/chomu_tak_vazhko_zrobiti_artilerijskij_155_mm_bojepripas-633.html (Access date: 17.01.2023).

14. GOST 18097—93 (ISO 1708-8—89) Stanki tokarno-vintoreznye i tokarnye. Osnovnye razmery. Normy tochnosti.

15. DSTU ISO 965 -1:2005 (ISO 965-1:1998, IDT) Narizi metrychni ISO zahal'noho pryznachennya. Dopusky. Chastyna 1. Osnovni kharakterystyky.

16. DSTU ISO 965-2:2005 (ISO 965-2:1998, IDT) Chastyna 2. Hranychni rozmiry zovnishnikh i vnutrishnikh narizey. Seredniy klas tochnosti.

17. DSTU ISO 965-3:2005 (ISO 965-3:1998, IDT) Chastyna 3. Vidkhyly.

18. D-30(2A18) 122-mm gaubytsya. URL: https://mil.in.ua/uk/articles/122-mm-gaubytsya-d-30-2a18/ (Access date: 17.01.2023).

19. 152-mm gaubica 2A65 «Msta-B». https://structure.mil.ru/structure/forces/ground/weapons/rvia/more.htm?id=10369928@morfMilitaryModel (Access date: 17.01.2023).

20. 155-mm gaubica M777. URL: https://root-nation.com/ru/posts/weapons-ru/ru-m777-m982-excalibur/ (Access date: 17.01.2023).

21. GOST ISO 1940-1-2007 Vibraciya. Trebovaniya k kachestvu balansirovki zhestkih rotorov. Chast' 1. Opredelenie dopustimogo disbalansa.

22. Vysokotochnye snaryady Excalibur i PGK dlya Ukrainy: vozmozhnosti i harakteristiki. URL: https://www.unian.net/war/vysokotochnye-snaryady-excalibur-i-pgk-dlya-ukrainy-vozmozhnosti-i-harakteristiki-novosti-vtorzheniya-rossii-na-ukrainu-11930556.html (Access date: 17.01.2023).

23. Upravlyaemyi artillerijskii snaryad M982 Excalibur.URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/M982_Excalibur (Access date: 17.01.2023).

UDK 629.7

Synyshyn M. M. (NADPSU)
Demchyshyn V. S. (NADPSU)
Karasyov D. L. (NADPSU)
Grinchenko V. V. (NADPSU)
D.Sci. Tech. **Babiy Yu. O.** (NADPSU)
PhD **Miroshnichenko O.V.** (VIKNU)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-02

ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE USE UNMANNED AERIAL VEHICLES BY THE ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION DURING A FULL-SCALE ARMED INVASION

The use of unmanned aerial vehicles allows the countries that use them to significantly reduce the loss of manpower and equipment during the combat mission and at the same time significantly increase the effectiveness of the use of high-precision and conventional means of destruction. The greatest experience in the use of unmanned aerial vehicles was acquired by countries that are actually advanced in terms of military technology (in particular, the USA, Israel, Turkey, etc.), which took an active part in armed conflicts in the Middle East, the North Caucasus, etc. In addition, in modern conditions, the threat of uncontrolled spread of the use of unmanned aerial vehicles of a light class, which can be used for the purpose of carrying out terrorist acts on important state and military facilities, is growing. Unmanned aerial vehicles have become so important to success on the battlefield that they are sometimes used by the military to destroy enemy drones. In addition, it is with the help of unmanned aerial vehicles that one side receives the coordinates of military targets and command posts of the opposite side, which are subsequently destroyed by accurate artillery strikes. In the article, based on the analysis of modern wars and armed conflicts, combat experience and features of the use of unmanned aerial vehicles of the armed forces of the russian federation, an analysis of unmanned aerial vehicles for typical tasks, in particular, conducting reconnaissance, adjusting fire, striking and electronic warfare, was carried out. In particular, the conducted analysis indicates a tendency to increase the scale of use of unmanned aerial vehicles by the armed forces of the russian federation in conditions of a full-scale armed conflict (not excluded due to the end of stocks of high-precision missiles), in contrast to the experience of the combat use of individual unmanned aerial vehicles in the East of the country and the expansion of the range of tasks.

Key words: full-scale armed invasion of russia into Ukraine; unmanned aerial vehicles; Armed Forces of Ukraine; conducting intelligence; fire adjustment; striking; electronic warfare.

Introduction. The analysis of the experience of modern wars and armed conflicts shows the rapid growth of the role of unmanned aerial vehicles, the scope of which has expanded significantly since the second half of the 20th century. Modern unmanned aerial vehicles have become an integral element of reconnaissance and reconnaissance-strike systems in the wars of the current generation, one of the characteristic features of which is considered to be the conduct of non-contact combat operations with the receipt of intelligence information about targets in real time and the instant assignment of strikes on them. The use of unmanned aerial vehicles made it possible to significantly reduce the loss of manpower and equipment during the combat mission and at the same time significantly increase the effectiveness of the use of high-precision and conventional means of destruction. The greatest experience in the use of unmanned aerial vehicles was gained by countries that are actually advanced in terms of military technology (in particular, the USA, Israel, Turkey, France, etc.), which took an active part in armed conflicts in the Middle East, Syria, the North Caucasus, etc. In addition, in modern conditions, the threat of uncontrolled spread of the use of unmanned aerial vehicles of a light class, which can be used for the purpose of carrying out terrorist acts on important state and military facilities is growing.

Formulation of the problem. Based on the results of the analysis of the anti-terrorist operation/operation of the United Forces/full-scale armed conflict of the russian federation, it was established that the enemy uses unmanned aerial systems of various classes and types (tactical, operational-tactical, battlefield, etc.) not only for conducting aerial reconnaissance and adjusting fire

artillery, but also for detecting and destroying infrastructure facilities of the Armed Forces of Ukraine. At the same time, in the Armed Forces of Ukraine, the specialized systems of complex countermeasures against unmanned aircraft complexes are at the stage of completion and the available forces and means of air defense have limited capabilities to detect and destroy such targets.

Analysis of recent research and publications. The analysis of the results of research and publications [1–4] shows that significant attention is paid to the scientific and practical issues of the analysis of application experience, prospects for the development of unmanned aerial vehicles as an element of modern reconnaissance and attack systems, the search for approaches to the construction of an effective system of countering them in modern armed conflicts considerable attention. In particular, the work [2] considers the modern classification of unmanned aerial vehicles. The issue of analysis of development, combat experience, evolution of tasks and methods of using unmanned aerial vehicles for ground purposes, as well as views on the threat of uncontrolled expansion of their scopes of application (in particular, in the interests of carrying out terrorist acts) are considered in work [3]. The issues of detection of unmanned vehicles and their countermeasures are discussed in the work [4]. At the same time, it can be argued that, theoretically, there is a need to generalize the experience and features of using unmanned aerial vehicles to solve combat tasks, the scope and content of which is constantly expanding. The relevance of the article is due:

to the use of unmanned aerial vehicles by the russian federation for conducting aerial reconnaissance, adjusting artillery fire, launching strikes on military facilities and the civilian population;

the requirements of the governing documents regarding the creation of a system of comprehensive countermeasures against the enemy's unmanned aircraft systems and the limited capabilities of the available forces and means to perform the tasks of this system.

The purpose of the article is to analyze the features of the use of unmanned aerial vehicles of the armed forces of the russian federation, which are used or planned to be used by the enemy for carrying out typical tasks, in particular, conducting reconnaissance, adjusting fire, striking, electronic warfare and other tasks.

Main part. During the study, the main focus was on the analysis of the characteristics and capabilities of unmanned aerial vehicles that are in service with units (sub-units) of the armed forces of the russian federation as well as the experience and features of the combat use of individual unmanned aerial vehicles in a full-scale armed conflict. The results of the analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles of the armed forces of the russian federation of various classes in the interests of conducting reconnaissance, adjusting fire, striking and radio-electronic warfare.

The article analyzes the characteristics of the possibilities of using unmanned aerial vehicles (unmanned aerial vehicles) of the armed forces of the russian federation of various classes (table 1) as well as the experience of the combat use of individual unmanned aerial vehicles in modern armed conflicts in the East of the our country.

Table 1

Results of the analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles (unmanned aerial systems) of the armed forces of the russian federation of various classes

Type of unmanned aerial vehicles (unmanned aerial systems)	Typical tasks	The possibility of using unmanned aerial vehicles (unmanned aerial systems) to perform certain typical tasks	Application
Ultra-small unmanned aerial vehicle “ZALA 421-08M”, “ZALA 421-16E2” [5]	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular in the north (Kharkiv region), Donetsk region.
	Adjustment of fire	-	

Kamikaze drone "Lancet-3"	Delivering blows	Delivering blows with the target load of the shock destination.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular, in Mykolaiv, Kirovohrad and Zaporizhzhia regions. It was used in hostilities in Syria.
Drone "Cube UAV"	Delivering blows	Delivering blows with the target load of the shock destination.	The unmanned aerial vehicle was used by russian saboteurs on the territory of Ukraine, in particular the Kherson region.
Unmanned aerial vehicle "Orlan-10"	Conducting intelligence	Observation of extended and local objects in hard-to-reach areas.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular in the Kharkiv, Odesa, and Mykolaiv regions, the armed forces of the Donetsk People's Republic, and the armed forces of the Luhansk People's Republic. It was used in hostilities in Syria.
	Adjustment of fire	-	
	Delivering blows	Delivering blows with the target load of the shock destination.	
	Rebroadcast	Use as a repeater	
	Radio electronic warfare	Suppression of cellular communications.	
Unmanned aerial vehicle "Orlan-30"	Conducting intelligence	Observation of extended and local objects in hard-to-reach areas.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular the Luhansk region.
	Adjustment of fire	-	
	Delivering blows	Delivering blows with the target load of the shock destination.	
	Rebroadcast	Use as a repeater	
	Radio electronic warfare	Suppression of cellular communications.	
Kamikaze drone "Shahed-129"; "Shahed-131"; "Shahed-136"; "Shahed-191"	Delivering blows	Delivering blows with the target load of the shock destination.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy throughout the territory of Ukraine.
Chinese drones of the company "DJI" [6]	Conducting intelligence	Observation of extended and local objects in hard-to-reach areas.	There are no data

Reconnaissance unmanned aerial system "Forpost-R"	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects.	Application in the area of the anti-terrorist operation and the operation of the Joint Forces since 2014. It was used in hostilities in Syria.
	Adjustment of fire	Transmission of data for target indication to shock (fire) means, control over the results of strikes on targets.	
	Delivering blows	Delivering blows with the target load of the shock destination.	
	Rebroadcast	Theoretically possible	
	Other tasks	Mapping the area	
Unmanned aerial vehicle "Mohajer-6"	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular in the Odesa region.
	Delivering blows	Delivering blows with the target load of the shock destination.	
	Other tasks	Mapping the area	
Unmanned aerial vehicle "Orion" (export name "Inokhodets")	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular in the Kherson region and Donbas. It was used in hostilities in Syria.
	Other tasks	Mapping the area	
Unmanned aerial vehicle "Zastava" [7]	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects.	Application in the area of the anti-terrorist operation and the operation of the United Forces. Destroyed by the Ukrainian military on the territory of Donbass in 2020. The Ukrainian military "landed" in Donbas even before the start of the full-scale burning of russia.
	Adjustment of fire	Transmission of data for target indication to shock (fire) means, control over the results of strikes on targets.	
Unmanned aerial vehicle "Eleron-3" [7]	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects. Observation of extended and local objects in hard-to-reach areas.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular in the Chernihiv and Mykolaiv regions and in Donetsk region. The Ukrainian military "landed" in Donbas even before the start of the full-scale burning of russia. It was used in hostilities in Syria.

Unmanned aerial vehicle "Tachyon" [8]	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects. Observation of extended and local objects in hard-to-reach areas.	Use by the enemy in the area of the anti-terrorist operation and the operation of the United Forces. The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular in the Northern and Eastern directions. It was used in hostilities in Ossetia.
	Adjustment of fire	Transmission of data for targeting shock (fire) means.	
Unmanned aerial vehicle "Supercam S350" [9]	Conducting intelligence	Search, detection and identification of ground objects. Observation of extended and local objects in hard-to-reach areas.	The unmanned aerial vehicle was used by the enemy on the territory of Ukraine, in particular in the Sumy region.

Analysis of data from the table of unmanned aerial vehicles of the armed forces of the russian federation allows us to conclude that the main tasks of unmanned aerial vehicles are:

conducting real-time reconnaissance (gathering intelligence information about enemy ground objects during preliminary reconnaissance and preliminary reconnaissance);

detection and identification of intelligence objects, determination of their exact location; adjustment of fire (directing of artillery fire and rocket salvo systems at ground objects, control of striking);

radio-electronic warfare (suppression of anti-aircraft defenses; establishment of false targets; suppression of cellular communications).

Considering the small residues of high-precision missiles, their high cost, sanctions for the purchase of imported electronics for their manufacture, low accuracy of "soviet" missiles, inefficiency of anti-aircraft missiles, and in order to achieve at least some advantage in the war of the russian federation against Ukraine and continue the terror of the population The places far from the front line, russia began to negotiate with Iran on the purchase and supply of shock unmanned aerial vehicles, so-called dronov-kamikadze and according to satellite images, on June 8 and July 15, Tehran displayed Kashan with a russian delegation on the airfield of the shahd line [10], and then sent drones of kamikadzi "Shahed-129", "Shahed-131", "Shahed-136", "Shahed-191" through the Caspian Sea. However, officially Iran denies the supply of the russian federation of drones, which the aggressor country has begun to actively use since the beginning of September in the war against Ukraine and subsequently, unmanned aerial vehicles have already begun to collect in the territory of the russian federation, applying the labeling "M215 Gerani-2" from the components that provides Iran.

For the first time dron-kamikadze "Shahed-136" (a barrade or rolling ammunition) was shot on September 12 in the Kharkiv region, at which there was a label "M215 Geran-2" [11]. This unmanned aerial vehicles is a type of weapon, the main difference of which is that it is not a weapon carrier, it is a weapon itself, that is, a deadly unmanned aerial vehicles of a unilateral attack. Its sole and main purpose is the lesion of terrestrial stationary targets at a long distance by giving the given coordinates and the contact blasting of the battle part of the drone. Iranian dron kamikadze is today the most precision weapon of the russian federation thanks to the management system that provides data from four satellite navigation systems, namely: Glodass (Russia), Beiduo (China), Galileo (EU), GPS (USA). This unmanned aerial vehicles does not have a video surveillance channel, it is brought to a specific target only by satellite coordinates, and the motion route adjustments are adjusted through the use of navigation systems.

Unmanned aerial vehicles "Shahed-129", "Shahed-131", "Shahed-136", "Shahed-191"are most often used on the territory of Ukraine [12], the main tactical and technical characteristics of which are given in table. 2.

Table 2

The main tactical and technical characteristics of UAVs, which most often use the armed forces of the russian federation in the territory of Ukraine

Indicator	"Shahed-129"	"Shahed-131"	"Shahed-136"	"Shahed-191"
Weight, kg: run load	600 100	135 15	200 40	500 100
Height, km: maximum minimum	3,1	4 60 м	4 60 m	7,62 60 m
Action radius, km	1 700	900	2 500	1 500
Speed, km/h: maximum cruising	200 150	200 150	185 170	350 300
The duration of flight, h	to 24	to 24	to 24	to 4,5

More than 100 cases of use of this type of drones for attacks on the rear positions, artillery units and other important stationary objects were recorded and only about 70 % of this type of unmanned aerial vehicles was destroyed by the units of the Armed Forces Ukraine. This is due to the fact that the enemy tries to ensure maximum steady for radars by laying new routes, the use of small drone flight heights, and when approaching the lesion – reducing to maximum small heights.

The peculiarity of the drone-kamikadze “Geran-2” is the ability to be in the air for up to 24 hours, for a long time to hang over the target for damage and attack it only after the relevant team is received.

Thus, the main advantages of unmanned aerial vehicles “Geran-2” are [13]:

the possibility of defeat of stationary objects at long distances;

small size and low speed;

little effective scattering surface;

low cost;

the most simple production;

masked and mobile launch;

the ability to stay in the air for up to 24 hours and adjust the flight route;

invisibility for air defense systems;

possibility of using a massive attack.

The main disadvantages of unmanned aerial vehicles “Geran-2” are:

the presence of loud sound of the engine;

inability to damage moving goals;

inability to find or attack goals on their own;

dependence on the effects of weather conditions when the target is affected at a long distance, for example, the presence of an error when wearing unmanned aerial vehicles with wind flows.

Analysis of the main tactical and technical characteristics of drones-kamikadze as an object of radar detection showed that this means of air attack corresponds to the main trends in the development

of modern air assaults to reduce their radar noticeability. This leads to deterioration of the efficiency of detection in inspection radar stations.

Taking into account all the above benefits of drone-kamikadze “Geran-2” and the possibility of making them in the territory of the russian federation in large quantities for applying massive blows on important objects, they can completely substitute missile shelling and, unfortunately, do significant damage in the territory Ukraine.

Conclusions and prospects for further investigations. The analysis carried out shows the tendency to increase the scale of the use of unmanned aerial vehicles by the armed forces of the russian federation during a full-scale armed conflict, in contrast to the experience of the combat use of individual unmanned aerial vehicles on the East of the country, and the expansion of the range of tasks, in particular, conducting reconnaissance, adjusting fire, striking, radio-electronic fighting, etc.

The results of the analysis are not exhaustive, which is a perspective for further research.

REFERENCES:

1. Vasylenko O. A., Yerko V. V., Shovkoshytnyi I. I. (2020). *Analiz osoblyvostei zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ zbroinykh syl rosiiskoi federatsii riznykh klasiv dlia vykonannia typovykh zavdan* [Analysis of the features of the use of unmanned aerial vehicles of the armed forces of the russian federation of various classes for the performance of typical tasks]. *Zbirnyk naukovykh prats kafedry aviatsii*. Kyiv : NUOU, tom 9, no. 2 (2021), pp. 15–22. [in Ukrainian]

2. Kharchenko O. V., Kulieshyn V. V., Kotsurenko Yu. V. (2015). *Klasyfikatsiia ta tendentsii stvorennia bezpilotnykh litalnykh aparativ viiskovoho pryznachennia* [Classification and trends in the creation of unmanned aerial vehicles for military purposes]. *Nauka i oborona*, no. 6, pp. 47–54. [in Ukrainian]

3. Kucherenko Yu.F., Naumenko M. V., Kuznietsov M. O. (2018). *Analiz dosvidu zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ ta vyznachennia napriamku yikh podalshoho rozvytku py vedenni merezhetsentrychnykh operatsi* [Analysis of the experience of using unmanned aerial vehicles and determining the direction of their further development in conducting network-centric operations]. *Systemy oborony i viiskova tekhnika.* Kyiv : NUO, no. 1(53), pp. 25–30. [in Ukrainian]

4. Horodnov V. P., Maliuha V. H., Holovan O. M., S. M. (2019). *Sukonko Model protydii bezpilotnym litalnym aparatam sylamy ta zasobamy viiskovykh chastyn z okhorony atomnykh elektrostantsii* [A model of combating unmanned aerial vehicles by the forces and means of military units for the protection of nuclear power plants]. *Chest i zakon*. Kharkiv : NHU, 2019. № 1 (68). S. 12–22. [in Ukrainian]

5. ZALA 421-08M Micro Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Retrieded from: https://www.homelandsecurity-technology.com/projects/zala-421-08m-micro-unmanned-aerial-vehicle-uav/ https://www.homelandsecurity-technology.com/projects/zala-421-08m-micro-unmanned-aerial-vehicle-uav/ (date of application: 12.01.2023). [in English]

6. Chinese drones help russia fight Ukraine. *The Wall Street Journal.* Retrieded from: https://espreso.tv/kitayski-bezpilotniki-dopomagayut-rosii-voyuvati-z-ukrainoyu-the-wall-street-journal (date of application: 12.01.2023). [in English]

7. "Orlan", "Orion", "Zastava" ta "Forpost": yaki bezpilotnyky vykorystovuie rosiiska armiia ["Orlan", "Orion", "Zastava" and "Forpost": which drones are used by the russian army]. Retrieded from: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjUmM_U8rf9AhUL6CoKHXyQDxIQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.bbc.com%2Fukrainian%2Ffeatures-61420235&usg=AOvVaw1l-3damJ4-xRU3TD2fhZEJ (date of application: 12.01.2023). [in Ukrainian]

8. Money First! How an American processor manufacturer lends a helping hand to russian army. Retrieded from: https://english.nv.ua/business/russian-uavs-use-american-made-processors-ukraine-news-50279379.html (date of application: 12.01.2023). [in English]

9. The Armed Forces Of Ukraine Shot Down A russian ‘Flying Wing’ UAV Supercam S350. Retrieded from: https://sundries.com.ua/en/the-armed-forces-of-ukraine-shot-down-a-russian-flying-wing-uav-supercam-s350/ (date of application: 12.01.2023). [in English]

10. The New York Times. (2022). Retrieded from: https://www.nytimes.com/2022/07/17/us/politics/drones-ukrainerussia-iran.html (date of application: 12.01.2023). [in English]

11. "Geran-2"-what is it? Retrieded from: https://aif.ru/society/army/geran2_eto_chto_takoe_infografika (date of application: 12.01.2023). [in English]

12. *rf rozghortaie iranski BPLA shchonaimenshe z serpnia – brytanska rozvidka*. Retrieded from: https://suspilne.media/293144-rf-rozgortae-iranski-bpla-sonajmense-z-serpna-britanska-rozvidka/ (date of application: 12.01.2023). [in Ukrainian]

13. Khudov H. V., Solomonenko Yu. S., Khyzhniak I. A. (2022). *Osnovni tekhnichni kharakterystyky dronu-kamikadze "Heran-2" yak obiektu radiolokatsiinoho vyiavlennia* [The main technical characteristics of the drone-kamikadze "Geran-2" as the object]. *Theoretical and empirical scientific research: concept and trends*. Oxford, UK. Pp. 34–37. [in English]

Синишин М. М., Демчишин В. С., Карасьов Д. Л.,
Грінченко В. В., д.т.н. Бабій Ю. О., к.т.н., с.н.с. Мірошніченко О.В.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРИ ПОВНОМАСШТАБНОМУ ЗБРОЙНОМУ ВТОРГНЕННІ

Використання безпілотних літальних апаратів дозволяє країнам, які їх використовують суттєво знизити втрати живої сили і техніки під час вирішення бойового завдання і одночасно суттєво підвищити ефективність застосування високоточних та звичайних засобів ураження. Найбільшого досвіду застосування безпілотних літальних апаратів набули країни, які фактично є передовими у військово-технічному відношенні (зокрема, США, Ізраїль, Туреччина тощо), які брали активну участь у збройних конфліктах на Близькому Сході, Сирії, Північному Кавказі тощо. Крім того, в сучасних умовах зростає загроза безконтрольного поширення застосування безпілотних літальних апаратів легкого класу, які можуть використовуватись з метою здійснення терористичних актів на важливих державних та військових об'єктах. Безпілотні літальні апарати стали настільки важливими для успіху на полі бою, що іноді застосовуються військовими і для знищення ворожих безпілотників. Крім того, саме за допомогою безпілотних літальних апаратів одна сторона отримує координати військових цілей і командних пунктів протилежної сторони, які згодом знищуються точними ударами артилерії.

У статті, на основі аналізу сучасних війн і збройних конфліктів, бойового досвіду та особливостей застосування безпілотних літальних апаратів збройних сил російської федерації, проведено аналіз безпілотних літальних апаратів із типових завдань, зокрема, з ведення розвідки, коригування вогню, нанесення ударів та радіоелектронної боротьби. Зокрема проведений аналіз свідчить про тенденцію до збільшення масштабів застосування безпілотних літальних апаратів збройними силами російської федерації в умовах повномасштабного збройного конфлікту (не виключення через закінчення запасів високоточних ракет), на відміну від досвіду бойового застосування індивідуальних безпілотних літальних апаратів на Сході країни та розширення кола завдань.

Ключові слова: повномасштабне збройне вторгнення росії в Україну; безпілотні літальні апарати; Збройні Сили України; ведення розвідки; коригування вогню; нанесення ударів; радіоелектронна боротьба.

УДК 004.12

д.т. н., проф. **Боровик О. В.** (АДПСУ)
к. військ. н., доц. **Біньковський О. А.** (НАДПСУ)
Левадний І. А. (АДПСУ)
к. пед. н., доц. **Фігура О. В.** (АДПСУ)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-03

ПОГЛЯД НА ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ПРИКОРДОННОГО ВІДОМСТВА УКРАЇНИ

Аналіз виконання Державною прикордонною службою України протягом періоду свого існування законодавчо визначених функцій, а також досвіду виконання завдань в особливий період, вказує на існування потенційних механізмів розвитку безпекового середовища держави за рахунок удосконалення безпекової компоненти діяльності відомства. Однією зі складових, які безпосередньо впливають на ефективність діяльності відомства, є система підготовки Державної прикордонної служби України. Актуальним завданням є пошук шляхів удосконалення ефективності діяльності прикордонного відомства через призму розбудови його системи підготовки. Питанням удосконалення системи підготовки персоналу складових сил безпеки та оборони України приділена увага значної кількості науковців. Актуальні питання освітньої підготовки особового складу Державної прикордонної служби України аналізувалися науковцями, керівництвом прикордонного відомства та офіційними представниками Європейського Союзу. Однак, незважаючи на серйозну увагу, що приділена питанням освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України, на сьогодні ще не до кінця досліджено питання підготовки прикордонного відомства України загалом, її системності, структурності та ефективності. У статті запропоновано один із можливих механізмів формування системи підготовки прикордонного відомства України, а також реалізовано варіант його застосування. Реалізація запропонованого механізму передбачала: оцінку перспектив ймовірного або доцільного розвитку прикордонного відомства з урахуванням наявної ситуації щодо безпекової складової держави та можливих тенденцій щодо її зміни; оцінку системи підготовки сил оборони держави; обґрунтування можливого варіанту формування системи підготовки прикордонного відомства України.

Ключові слова: Державна прикордонна служба України; система підготовки; модель; сценарій; оперативно-службова діяльність; службово-бойова діяльність.

Вступ. Сучасне безпекове середовище у світі є надзвичайно динамічним. Його драматичні зміни навколо України розпочалися в 2014 році з розв'язанням російською федерацією гібридної агресії проти нашої держави, наслідками якої стали анексія Кримського півострова та окупація окремих районів Донецької і Луганської областей. На даний час принципово змінюється архітектура глобальної, регіональної і національної безпеки.

Основними меседжами воєнно-політичного керівництва держави стосовно її безпекової компоненти є: збереження єдності України; зміна суспільної свідомості; перехід до всеосяжної оборони шляхом розумної мілітаризації; системна інтеграція до європейського простору безпеки з функцією ключового елемента оборони Європи на сході; поглиблення реформ, формування чесних судів і нульової терпимості до корупції. Зазначені аспекти є не тільки гаслами керівництва держави. Вони знайшли своє відображення в національному законодавстві у сферах національної безпеки і оборони України.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Прикордонне відомство України, як державна інституція, є правоохоронним органом спеціального призначення, що реалізує державну політику у сфері безпеки державного кордону України та охорони суверенних прав України в її виключній (морській) економічній зоні. Аналіз виконання Державною прикордонною службою України (ДПСУ) протягом періоду свого існування законодавчо визначених функцій, а також досвіду виконання завдань в особливий період, вказує на існування потенційних механізмів розвитку безпекового середовища держави за рахунок удосконалення безпекової компоненти діяльності відомства. При цьому, пошук зазначених механізмів має здійснюватись через призму функціоналу відомства з урахуванням наведених меседжів. Також важливо при пошуку механізмів аналізувати потенціал кожної

складової діяльності ДПСУ, об'єктивно оцінювати реальні і потенційні загрози національній безпеці України, зважати на незворотність європейського та євроатлантичного курсу держави, аналізувати уроки та висновки з протидії агресії російської федерації, оцінювати поточний стан системи, прогнозувати сценарії зміни безпекового середовища, моделювати доцільні варіанти розвитку відомства, оцінювати увесь спектр можливих початкових даних та особливу увагу приділяти їх найбільш ймовірним варіантам.

Зважаючи на те, що однією із складових, які безпосередньо впливають на ефективність діяльності відомства, є підготовка ДПСУ, актуальності набуває завдання пошуку шляхів удосконалення ефективності діяльності прикордонного відомства через призму розбудови його системи підготовки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням удосконалення системи підготовки персоналу складових сил безпеки та оборони України приділена увага значної кількості науковців [1-4]. Актуальні питання освітньої підготовки особового складу ДПСУ аналізувалися у працях [5-12].

Зокрема, у роботах [1,2] наведено механізми формування нової парадигми військової освіти в Україні, загалом, і вищої військової освіти, зокрема. У праці [3] проаналізовано питання імплементації стандартів НАТО у Збройних Силах України (ЗСУ) та підготовки військовослужбовців. Аналізу механізмів державного управління вищою військовою освітою в Україні приділена увага в роботі [4].

Оцінка стану та актуальних проблем освітньої підготовки персоналу ДПСУ в контексті трансформації військової освіти здійснена у роботі [5]. Аналізу можливих шляхів і способів розв'язання актуальних проблем освітньої підготовки персоналу ДПСУ в контексті трансформації військової освіти приділена увага в роботі [6]. Дослідженню нормативно-правових і технологічних засад удосконалення освітньої підготовки персоналу ДПСУ присвячена праця [7]. А різним аспектам оцінки ефективності реалізації перспективних моделей освітньої підготовки персоналу ДПСУ приділена увага в роботах [8-10]. Узагальнення матеріалів робіт [5-10] дозволило авторам роботи [11] обгрунтувати проєкт Концепції трансформації освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України, а авторам роботи [12] – методичний підхід до оцінки ефективності реалізації перспективних моделей освітньої підготовки персоналу ДПСУ.

Крім науковців актуальним питанням підготовки персоналу прикордонного відомства приділяли увагу і офіційні представники ЄС. Зокрема, загальна оцінка системи підготовки кадрів ДПСУ наведена у звіті Міжнародного центру розвитку міграційної політики в рамках реалізації проєкту «Підтримка ЄС у зміцненні інтегрованого управління кордонами в Україні» (EU4IBM) Україна [13]. Однак, незважаючи на серйозну увагу, що приділена питанням освітньої підготовки персоналу ДПСУ, на сьогодні ще не до кінця досліджено питання підготовки ДПСУ загалом, її системності, структурності та ефективності. Саме тому, **метою даної статті** є аналіз одного з можливих шляхів формування системи підготовки прикордонного відомства України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення визначеної мети вбачається за доцільне: оцінити перспективу ймовірного або доцільного розвитку прикордонного відомства з урахуванням наявної ситуації щодо безпекової складової держави та можливі тенденції щодо її зміни; оцінити систему підготовки сил оборони держави; обгрунтувати можливий варіант формування системи підготовки прикордонного відомства України.

Оцінка перспектив розвитку прикордонного відомства з урахуванням наявної ситуації щодо безпекової складової держави та можливих тенденцій щодо її зміни

Згідно статті 6 Закону України «Про Державну прикордонну службу України» [14] прикордонне відомство України є правоохоронним органом спеціального призначення, що реалізує державну політику у сфері безпеки державного кордону України та охорони суверенних прав України в її виключній (морській) економічній зоні. Зазвичай будь-яке державне відомство систематично формує та періодично переглядає варіанти свого перспективного розвитку. Не є виключенням і ДПСУ. Актуальність вирішення цього завдання

на даний час посилюється тими обставинами, що склалися для України в безпековому відношенні. Зважаючи на зазначене та враховуючи загрози національній безпеці України (явища, тенденції і чинники, що унеможливлюють чи ускладнюють або можуть унеможливити чи ускладнити реалізацію національних інтересів та збереження національних цінностей України), загалом, та безпеці державного кордону, зокрема, а також керуючись визначеним незворотним європейським та євроатлантичним стратегічним курсом держави, ДПСУ в своїй історичній перспективі (з набуттям державою повноправного членства в ЄС та НАТО) повинна бути готова до захисту не тільки національних інтересів на державному кордоні, а й до захисту європейських цінностей на майбутніх зовнішніх кордонах ЄС. Тобто повинна стати надійним щитом східних рубежів ЄС. Визначене спонукає до формування ймовірного (доцільного) варіанту розвитку прикордонного відомства на далеку перспективу та прийняття у подальшому політичних та управлінських рішень щодо: визначеності статусу прикордонного відомства в контексті правоохоронної і військової діяльності; ролі і місця ДПСУ в системі європейських інтеграційних координат та оборони України; створення чіткої управлінської вертикалі та оптимальних організаційних структур в центрі і на місцях; гармонізації прикордонного законодавства України; створення багаторівневої та інтегрованої системи захисту та охорони державного кордону України й охорони її суверенних прав у морських акваторіях.

Отже, основними засадами ймовірного (доцільного) варіанту розвитку прикордонного відомства України, з урахуванням найгіршого сценарію розвитку воєнно-політичної ситуації навколо держави (збереження агресивного зовнішньополітичного курсу російської федерації та республіки білорусь), повинні стати:

1. Збереження та подальше закріплення діючого статусу ДПСУ, як правоохоронного органу спеціального призначення та військового формування з конкретизацією в законодавстві України відповідних функціональних аспектів.

2. Нормативне визначення статусу управлінських ланок ДПСУ (стратегічної, оперативної і тактичної), що сприятиме їх гармонізації у загальній системі органів військового управління та інших правоохоронних структур держави, а також конкретизації їх функціональних завдань.

3. Доповнення законодавства України терміном «службово-бойова діяльність Державної прикордонної служби України» та визначення основних функцій прикордонного відомства, як військового формування. Слід зауважити, що цей термін безпідставно застосовується в службових документах із 2014 року. Зазначене дозволить: надати правовий захист особовому складу ДПСУ; сформувати принципи та ідеологічні засади бойового застосування сил та засобів ДПСУ; створити та забезпечити ефективне функціонування систем управління в бойових умовах, прийняття управлінських рішень, здійснення їх стратегічного, оперативного та тактичного планування, тощо.

Також зазначене створить передумови для унормування питань щодо визначення: ролі і місця ДПСУ, загалом, її органів управління та структурних підрозділів, зокрема, в системі оборони держави, а саме напередодні воєнної агресії, з її початком, а також під час проведення стабілізаційних заходів в прикордонних регіонах після її відбиття; форм, способів, методів і прийомів ведення бою та участі у бойових діях, у тому числі спільно з іншими військовими формуваннями держави; принципів взаємодії та координації між складовими сектору безпеки і оборони на стратегічному, оперативному та тактичному рівнях; аспектів трансформації і розвитку систем ресурсного забезпечення та фінансування, а також забезпечення ДПСУ відповідним озброєнням і технікою. Законодавче визначення даного терміну та його функціональних аспектів створить передумови для: корегування окремих складових системи роботи з особовим складом; деталізації і розширення базових аспектів оперативної підготовки органів управління, створення гармонійної та адаптованої до професійної діяльності системи бойової підготовки особового складу ДПСУ.

4. Формування нової стратегії щодо забезпечення безпеки державного кордону України та охорони її суверенних прав України у виключній (морській) економічній зоні та забезпечення європейської безпеки на зовнішніх кордонах ЄС.

Основними базовими принципами зазначеної стратегії мають стати: багаторівневість (гармонізація застосування міжнародних, міждержавних і національних інституцій та

механізмів з метою захисту національних інтересів України та інтересів ЄС на державних кордонах України і в її морських акваторіях); інтегрованість (поєднання зусиль правоохоронних органів держави, військових формувань та інших державних органів, що входять до сектору безпеки і оборони, а також інших державних інституцій повноваження яких розповсюджуються на сферу прикордонної діяльності); стійкість (спроможність до адекватного реагування на загрози та виклики у сфері безпеки державного кордону та забезпечення суверенних прав України в її морських акваторіях в мирний і воєнний час, а також в умовах запровадження інших правових режимів); взаємодія, координація та співпраця.

5. Внесення принципових змін до діючої стратегії інтегрованого управління кордонами (ІУК). Положення діючої стратегії мають застосовуватись переважно на західному кордоні України, тобто на майбутньому внутрішньому кордоні України з іншими країнами ЄС.

6. Розроблення статутів прикордонного відомства, які розкриватимуть принципові аспекти правоохоронної та військової компоненти в діяльності ДПСУ, загалом, і її структурних підрозділів, зокрема. При цьому, базовий документ має визначати ключові положення діяльності ДПСУ: сутність основних функцій ДПСУ; принципи її діяльності; організаційні елементи роботи центрального апарату; повноваження «ключових» посадових осіб; основні аспекти організації оперативно-службової діяльності (ОСД) та службово-бойової діяльності (СБД); застосування сил та засобів ДПСУ в мирний і воєнний час, а також при запровадженні в державі інших правових режимів, тощо.

Похідні від базового документу мають визначати: діяльність регіональних управлінь; організацію та здійснення ОСД і СБД органів охорони державного кордону (ООДК); управлінську діяльність прикордонних комендатур; ОСД і СБД підрозділів охорони державного кордону (ПОДК). Принципову схему реалізації основних засад ймовірного (доцільного) варіанту розвитку прикордонного відомства України, з урахуванням найгіршого сценарію розвитку воєнно-політичної ситуації навколо держави, можна оцінити з рис. 1.

Оцінка системи підготовки сил оборони держави

Структура та зміст системи підготовки сил оборони держави, загалом, і ЗСУ, зокрема, детально визначені керівними документами [15-18]. Згідно цих документів метою підготовки сил оборони держави є об'єднання спроможностей ЗСУ та інших військових формувань, правоохоронних і розвідувальних органів, органів спеціального призначення з правоохоронними функціями (ІВФ та ПрО) для їх ефективного застосування в ході оборони держави або виконання визначеного оперативного (бойового) завдання об'єднаним угрупованням. Підготовка сил оборони проводиться за двома послідовними етапами (рис. 2):

перший – оперативна та бойова підготовка у видах, окремих родах військ (сил), підготовка персоналу ЗСУ, інша підготовка в органах та підрозділах ІВФ та ПрО (окремо). Завершується цей етап тактичним (тактико-спеціальним, льотно-тактичним, корабельним) навчанням;

другий – об'єднана оперативна та бойова підготовка, у тому числі з проведенням теоретичних занять і практичних тренувань (навчань), як правило, у колективному форматі. Завершується цей етап командно-штабними навчаннями з практичними діями військ (сил) на місцевості або полігонах.

Підготовка сил оборони здійснюється у відповідній системі, яка являє собою сукупність взаємопов'язаних елементів для нарощування індивідуальних спроможностей персоналу, злагодження підрозділів, військових частин, органів військового управління, сил оборони в цілому для забезпечення оборони держави.

Внутрішні кордони ЄС: реалізація правоохоронних функцій ДПСУ (поліцейський аспект, здійснення ДПСУ оперативно-службової діяльності)

Зовнішні кордони ЄС: реалізація правоохоронної та військової компонент ДПСУ (здійснення ДПСУ службово-

Реалізація Стратегії інтегрованого управління кордонами

Реалізація Стратегії забезпечення захисту національних інтересів України та ЄС на державному кордоні України

Рисунок 1. Принципова схема реалізації основних засад ймовірного (доцільного) варіанту розвитку прикордонного відомства України

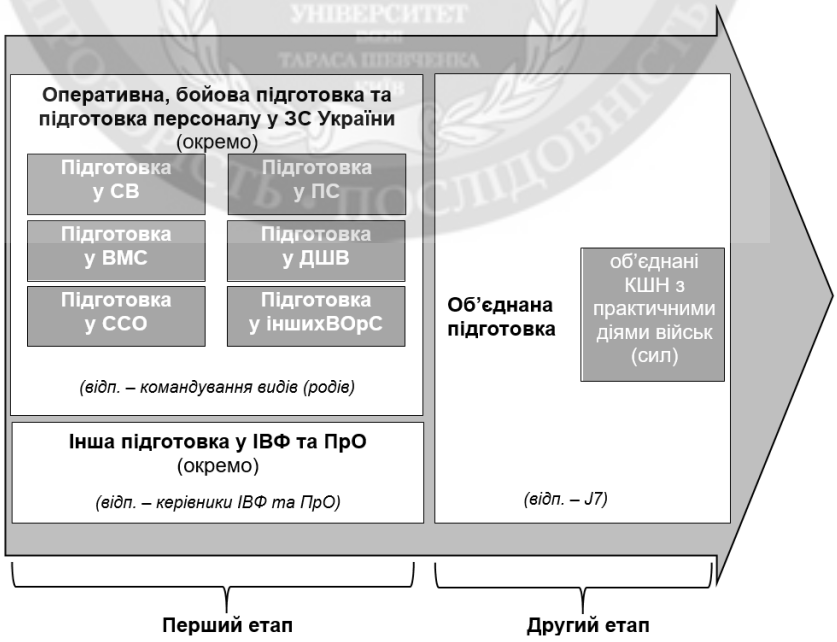


Рисунок 2. Динамічна сутність підготовки сил оборони держави

Основними елементами системи підготовки є:

а) суб'єкти підготовки – Головнокомандувач Збройних Сил України, начальник Генерального штабу Збройних Сил України, його заступники, командувачі (командири, начальники), структурні підрозділи підготовки (J7, G7, A7, N7, командування (управління) підготовки) в органах військового управління, військових частинах (S7), безпосередні командири (начальники), інструктори;

б) об'єкти підготовки – персонал, підрозділи, військові частини, управління (штаби) оперативних командувань (повітряних командувань та їм рівних), командувань видів, окремих родів військ (сил), інші органи військового управління, Генеральний штаб Збройних Сил України; органи управління та сили і засоби ІВФ та ПрО;

в) засоби, які забезпечують організацію підготовки (теорія підготовки та методика навчання, які розкриваються у відповідних керівних документах (стандартах) з питань підготовки; навчальна матеріально-технічна база; ресурси, що виділяються на підготовку тощо).

Структуру підготовки сил оборони держави можна оцінити з рис. 3. Підготовка сил оборони має тривимірний характер. Залежно від спрямованості вона включає:

Рисунок 3. Складові частини підготовки сил оборони держави

за складом учасників підготовки (рис. 2): підготовку ЗСУ, підготовку ІВФ та ПрО (окремо); об'єднану підготовку;

за об'єктами впливу: індивідуальну підготовку; колективну підготовку;

за рівнями проведення: оперативну підготовку (стратегічний і оперативний рівень); бойову підготовку (тактичний рівень); підготовку персоналу (стратегічний, оперативний і тактичний).

Метою підготовки ЗСУ є забезпечення їх готовності до виконання завдань у ході стримування збройної агресії проти України, відсічі їй, охорони повітряного простору держави та підводного простору у межах територіального моря України, участі у заходах спрямованих на боротьбу з тероризмом, у міжнародних операціях, досягнення взаємосумісності зі збройними силами держав-членів НАТО.

Структуру підготовки ЗСУ можна оцінити з рис. 4.

Рисунок 4. Структура підготовки ЗСУ

Підготовка ЗСУ поділяться на (рис. 4):

за складовими (видами) підготовки – оперативну підготовку, бойову підготовку (підготовку з мобілізаційних питань); підготовку персоналу;

за спрямованістю – індивідуальну підготовку, колективну підготовку;

за масштабами (за військово-організаційною структурою) – підготовку видів, родів військ (сил), підготовку інших військових організаційних структур (військових частин стратегічного резерву, територіальної оборони тощо).

Оперативна підготовка ЗСУ організовується та проводиться відповідно Настанови з оперативної підготовки Збройних Сил України.

Бойова підготовка ЗСУ організовується та проводиться відповідно Настанови з бойової підготовки Збройних Сил України.

Підготовка у вищих військових навчальних закладах (ВВНЗ) та військових навчальних підрозділах закладів вищої освіти (ВНП ЗВО), ліцеях, наукових установах, навчальних центрах, коледжах, центрах підготовки сержантського складу, школах ЗСУ організовується та проводиться відповідно до Настанови з підготовки персоналу Збройних Сил України.

Вищою формою підготовки, яка забезпечує взаємозв'язок підготовки ЗСУ з іншими складовими сил оборони та реалізацію усіх визначених спроможностей являється об'єднана підготовка.

Об'єднана підготовка – це організований за єдиним замислом і планом процес навчання військовослужбовців, злагодження органів військового управління, військових частин (кораблів), підрозділів, які включають два і більше родів військ (сил) сил оборони та безпеки з метою досягнення їх готовності до об'єднаних дій у складі відповідного угруповання.

Об'єднана підготовка проводиться відповідно до вимог щорічної Директиви Генерального штабу Збройних Сил України.

Підготовка в ході заходів міжнародного військового співробітництва – це цілеспрямований та організований процес підготовки органів управління (штабів), військових частин (підрозділів) у взаємодії (під керівництвом) з іноземними тренувальними місіями на території України та країн-партнерів з метою переходу на систему підготовки держав-членів НАТО та досягнення взаємосумісності з їх збройними силами.

Основи організації та проведення багатонаціональних навчань у ЗСУ визначаються Доктриною з організації та проведення багатонаціональних навчань у Збройних Силах України.

Обгрунтування можливого варіанту формування системи підготовки

прикордонного відомства України

Обгрунтування можливого варіанту чи варіантів формування системи підготовки ДПСУ доцільно здійснювати на основі аналізу результатів оцінки перспективи ймовірного або доцільного розвитку прикордонного відомства з урахуванням наявної ситуації щодо безпекової складової держави та можливих тенденцій щодо її зміни, а також оцінки системи підготовки сил оборони держави.

Такий аналіз дозволяє сформувати систему вихідних даних, яку необхідно прийняти до уваги як початкові умови при формуванні перспективної системи підготовки ДПСУ. Зазначена система наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні дані для формування системи підготовки ДПСУ

Твердження	Джерело, що підтверджує коректність твердження
ДПСУ є складовою сил безпеки і оборони України.	Стаття 12 Закону України «Про національну безпеку України»
Система підготовки персоналу ДПСУ визначається наказами Адміністрації Державної прикордонної служби України (АДПСУ) на рік.	
На ДПСУ покладаються основні функції та обов'язки, які визначають формат її ОСД.	Статті 2, 19 Закону України «Про Державну прикордонну службу України».
Серед основних функцій та обов'яязків ДПСУ є не лише ті, які корелюють із ОСД., а й ті, які мають відношення до СБД. Завдання ДПСУ у рамках СБД законодавчо не визначені.	Статті 2, 19 Закону України «Про Державну прикордонну службу України».
На даний час у підготовці персоналу ДПСУ наявні дві компоненти: військова та прикордонна.	[19,20], накази АДПСУ, якими визначаються завдання підготовки персоналу ДПСУ.
На даний час законодавчо закріплено поняття «професійної військової освіти».	Стаття 21 Закону України «Про освіту».
На даний час наявні доктринальні документи, які визначають застосування та підготовку сил оборони держави та ЗСУ.	[15-18].
На даний час затверджено Концепцію трансформації системи військової освіти.	[21].
На даний час відсутній доктринальний документ, який би визначав аспекти (сценарії) застосування ДПСУ.	

Із урахуванням вище проведеного аналізу та даних табл. 1 можна окреслити наступні концептуальні основи підготовки ДПСУ.

Підготовка ДПСУ – це організований за єдиним замислом і планом процес навчання і виховання усіх категорій особового складу прикордонного відомства, підготовки органів управління, навчальних закладів та центрів з метою досягнення їх готовності та здатності до виконання завдань за своїм функціональним призначенням як у мирний час, так і в особливий період.

Сутність та зміст підготовки ДПСУ базується на законодавчо визначених аспектах ролі та місця прикордонного відомства в системі забезпечення національної безпеки України, покладених завданнях та основних його функціях.

Роль ДПСУ в системі забезпечення національної безпеки України така. Державна прикордонна служба України є правоохоронним органом спеціального призначення, що

реалізує державну політику у сфері безпеки державного кордону України та охорони суверенних прав України в її виключній (морській) економічній зоні [22].

Місце ДПСУ в системі забезпечення національної безпеки України наступне. Державна прикордонна служба України входить до складу сектору безпеки і оборони України [22].

Завдання ДПСУ – забезпечення недоторканності державного кордону та охорони суверенних прав України в її прилеглій зоні та виключній (морській) економічній зоні [14].

Основні функції ДПСУ при цьому можна структурувати так, як це наведено на рис. 5.

З урахуванням зазначеного напрямки підготовки ДПСУ мають включати правоохоронні та воєнні аспекти її функціонального призначення.

При цьому актуальними завданнями вбачається таке.

1. Доцільно провести широку дискусію та визначити сценарії ефективного застосування ДПСУ на даний час і в перспективі (орієнтовно на 10 років).

Теоретично існує 2 можливих сценарії застосування ДПСУ:

як правоохоронного суб'єкту забезпечення прикордонної безпеки у прикордонному просторі (суб'єкту безпеки) – для охорони державного кордону (ДК) у мирний час або на «мирних ділянках» ДК в особливий період;

як військово-правоохоронного суб'єкту забезпечення національної безпеки (суб'єкту безпеки і оборони) – для охорони та захисту ДК в мирний час і особливий період, а також оборони держави в особливий період: як правоохоронного суб'єкту забезпечення прикордонної безпеки у прикордонному просторі (суб'єкту безпеки) – для охорони ДК у мирний час або на «мирних ділянках» ДК в особливий період; як військово-правоохоронного суб'єкту забезпечення прикордонної безпеки у прикордонному просторі (суб'єкту безпеки і оборони) – для охорони та захисту ДК у мирний час і особливий період на «активних ділянках» ДК (ділянках сусідства з рф і рб); як військового суб'єкту забезпечення національної безпеки (суб'єкту оборони) – для оборони держави в особливий період.

2. Рішення щодо аспектів (сценаріїв) застосування ДПСУ необхідно закріпити доктринально.

3. Кожен із сценаріїв передбачає формування окремої системи підготовки ДПСУ.

4. Система підготовки ДПСУ також має закріплюватись доктринально.

5. У разі прийняття 1-го сценарію застосування ДПСУ для розбудови системи підготовки ДПСУ доцільно реалізовувати модель 1 (рис. 6).

6. У разі прийняття 2-го сценарію застосування ДПСУ для розбудови системи підготовки ДПСУ доцільно:

- у Закон України «Про Державну прикордонну службу України» внести поняття СБД ДПСУ;

- завдання та обов'язки ДПСУ структурувати за блоками: ОСД – реалізації правоохоронних функцій у мирний час або на «мирних ділянках» ДК в особливий період; СБД – реалізації функцій оборони держави в особливий період;

- реалізувати модель 2 підготовки ДПСУ (рис. 7).

7. Доцільно опрацювати нормативну базу згідно визначеної моделі, що подібна матеріалам [15-18] для сил оборони держави.

Можливий варіант системи підготовки ДПСУ в разі прийняття 1-го сценарію застосування ДПСУ (як правоохоронного суб'єкту забезпечення прикордонної безпеки у прикордонному просторі – суб'єкту безпеки) доцільно представити так, як це наведено на рис. 6, а в разі прийняття 2-го сценарію застосування ДПСУ (як військово-правоохоронного суб'єкту забезпечення національної безпеки – суб'єкту безпеки і оборони) доцільно представити так, як це наведено на рис. 7.

Функції ДПСУ правоохоронного характеру
(охорона державного кордону)

охорона державного кордону України на суші, морі, річках, озерах та інших водоймах з метою недопущення незаконної зміни проходження його лінії, забезпечення дотримання режиму державного кордону та прикордонного режиму;

здійснення в установленому порядку прикордонного контролю і пропуску;

охорона суверенних прав України в її виключній (морській) економічній зоні;

ведення розвідувальної, інформаційно-аналітичної та оперативно-розшукової діяльності;

участь у боротьбі з організованою злочинністю та протидія незаконній міграції на державному кордоні України та в межах контрольованих прикордонних районів;

участь у заходах, спрямованих на боротьбу з тероризмом;

координація діяльності військових формувань та відповідних правоохоронних органів, пов'язаної із захистом державного кордону України та пропуску.

ЗДІЙСНЕННЯ ДПСУ ОСД

Функції ДПСУ військового характеру
(захист державного кордону, суверенітету та територіальної цілісності України)

припинення діяльності незаконних воєнізованих або збройних формувань (груп), організованих груп та злочинних організацій, що порушили порядок перетинання державного кордону України;

припинення спроб перетинання державного кордону диверсійно-розвідувальними групами іншої держави;

участь у припиненні прикордонних (включаючи суходіл, повітряний, морський простір) збройних сутичок, що зумовлені ескалацією економічних, політичних, соціальних, етнічних або релігійних протиріч у відносинах між державами;

участь у стабілізаційних операціях (діях) сил оборони;

участь у заходах оборонного характеру при розв'язанні повномасштабної агресії іншою державою воєнного конфлікту (локальної, регіональної війни).

ЗДІЙСНЕННЯ ДПСУ СБД
(в умовах загострення воєнно-політичної обстановки)

За умови внесення змін у законодавство України.

Досягнення готовності та здатності особового складу й органів управлінь ДПСУ до виконання завдань за своїм функціональним призначенням як у мирний час, так і в особливий період

Забезпечується шляхом запровадження (*удосконалення, модернізації*) системи (складових системи) підготовки ДПСУ

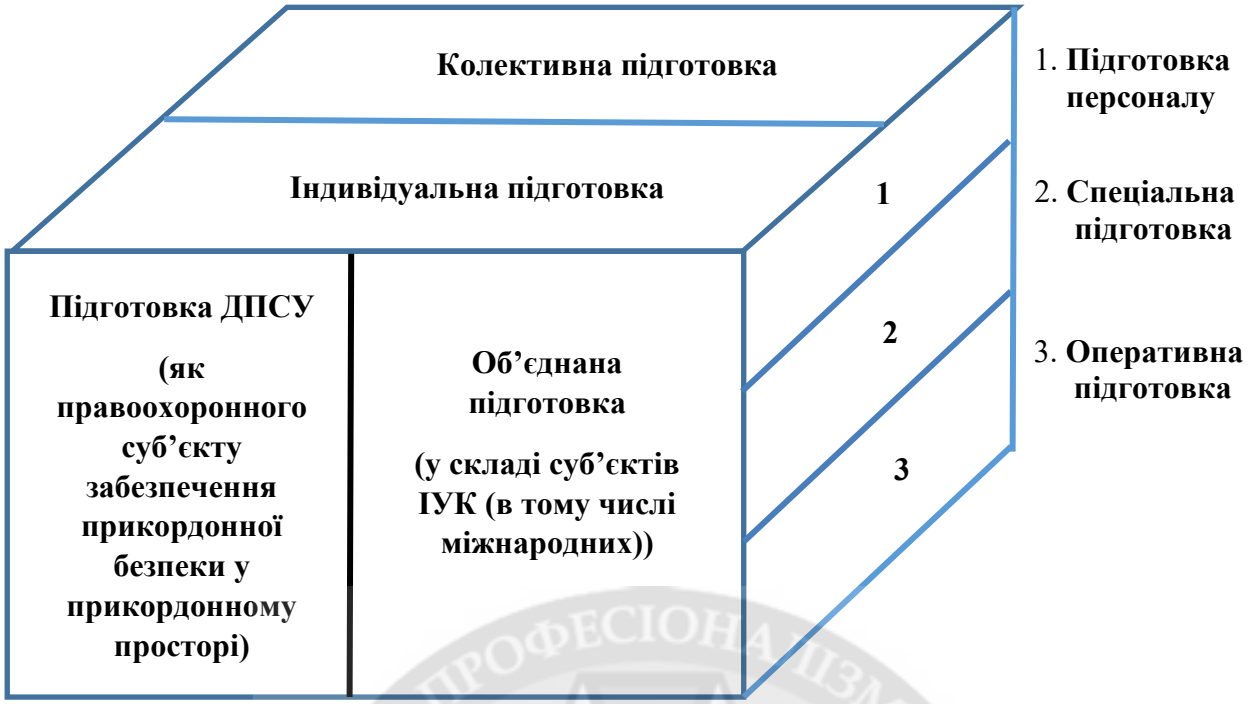


Рисунок 6. Модель 1. Система підготовки ДПСУ в разі прийняття 1-го сценарію застосування ДПСУ (для реалізації функцій ОСД ДПСУ)

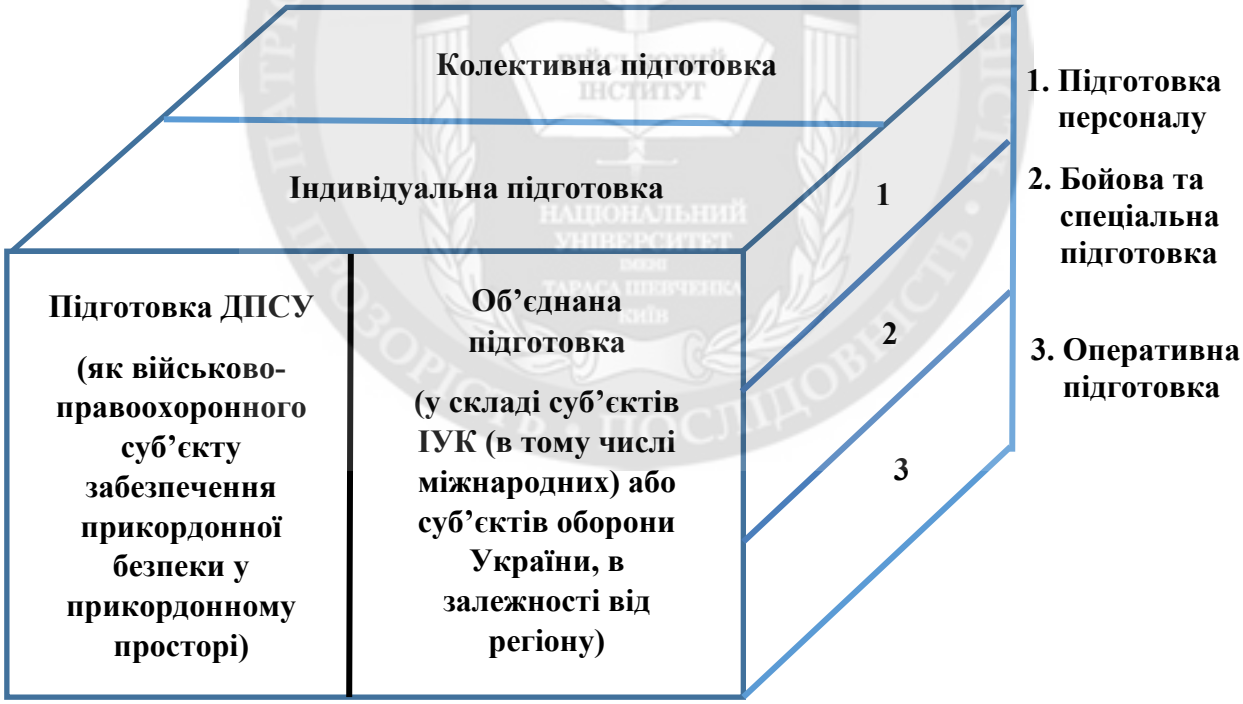


Рисунок 7. Модель 2. Система підготовки ДПСУ в разі прийняття 2-го сценарію застосування ДПСУ (для реалізації функцій ОСД та СБД ДПСУ)

Сутність моделі 2 наступна.
Підготовка сил ДПСУ має тривимірний характер.
Класифікація підготовки:
К1 – за складом учасників: підготовка ДПСУ; об'єднана підготовка;

К2 – за рівнями проведення: підготовка персоналу; бойова та спеціальна підготовка; оперативна підготовка;

К3 – за об’єктами впливу: індивідуальна підготовка; колективна підготовка.

Сутність підготовки згідно наведеної класифікації можна оцінити з табл. 2.

Таблиця 2

Сутність підготовки ДПСУ

Класифікація підготовки		Сутність підготовки
За складом учасників	підготовка ДПСУ	це організований за єдиним замислом і планом процес навчання і виховання усіх категорій військовослужбовців, підготовки (злагодження) органів управління/військового управління (штабів), органів ДПСУ з метою досягнення їх готовності до виконання завдань за призначенням як у мирний час, так і в особливий період.
	Об’єднана підготовка	це організований за єдиним замислом і планом процес спільної підготовки особового складу (персоналу) та органів управління ДПСУ, ЗСУ, Національної гвардії України, Національної поліції України, Державної міграційної служби України, Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Служби безпеки України, Управління державної охорони України з метою досягнення готовності та здатності виконувати завдання у складі сил безпеки та сил оборони України.
За рівнями проведення	підготовка персоналу (стратегічний, оперативний і тактичний рівні)	це цілеспрямований та організований процес навчання військовослужбовців, працівників ДПСУ, резервістів, що здійснюється у ВВНЗ і ВНП ЗВО, навчальних центрах Підготовка у ВВНЗ – освітній процес підготовки курсантів (слухачів), ад’юнктів, докторантів за відповідними рівнями вищої освіти для подальшої служби на відповідних посадах з метою задоволення потреб ДПСУ. Підготовка у навчальних центрах – процес систематичного правоохоронного, військового професійно-технічного навчання особового складу, спрямованого на набуття ним знань, умінь і навичок у правоохоронній, військово-професійній діяльності, розвиток компетентності та професіоналізму, виховання загальної, правоохоронної і військово-професійної культури, необхідної для виконання службових обов’язків на займаній посаді з метою задоволення потреб ДПСУ.
	Бойова та спеціальна підготовка (тактичний рівень)	це цілеспрямований та організований процес навчання військовослужбовців органів ДПСУ, а також злагодження органів управління/військового управління (штабів) тактичного рівня з метою досягнення їх готовності до виконання завдань за призначенням як у мирний час, так і в особливий період. Бойова підготовка – цілеспрямований та організований процес навчання і виховання особового складу та підготовки і злагодженості органів управління тактичного рівня з метою досягнення їх готовності та

		здатності виконувати завдання із захисту суверенітету, територіальної цілісності і недоторканності держави за своїм функціональним призначенням як у мирний час, так і в особливий період *(органи охорони державного кордону, Морська охорона та підрозділи охорони державного кордону).* Спеціальна підготовка – цілеспрямований та організований процес навчання і виховання особового складу прикордонного відомства та підготовки і злагодженості органів управління тактичного рівня, з метою досягнення їх готовності та здатності виконувати завдання правоохоронного характеру за своїм функціональним призначенням як у мирний час, так і в особливий період *(органи охорони державного кордону, Морська охорона та підрозділи охорони державного кордону).*
	Оперативна підготовка (стратегічний і оперативний рівні)	це цілеспрямований та організований процес підвищення навченості генералів (адміралів), офіцерів, а також підготовки і злагодженості органів управління стратегічного та оперативного рівнів ДПСУ *(АДПСУ, РУ)* з метою досягнення їх готовності та здатності виконувати завдання за своїм функціональним призначенням як у мирний час, так і в особливий період.
За об'єктами впливу	індивідуальна підготовка	це цілеспрямований та організований процес послідовних заходів навчання та виховання всіх категорій військовослужбовців, спрямований на формування у них необхідного рівня знань, умінь, навичок, фізичних та психологічних якостей для виконання обов'язків за посадою (спеціальністю) як у мирний час, так і в особливий період
	колективна підготовка	це цілеспрямований та організований процес послідовних заходів підготовки органів управління за діючою організаційною структурою та створених на тимчасовій основі оперативних і тактичних груп, а також зведених формувань, який проводиться відповідно до покладених на них завдань з метою досягнення необхідного рівня готовності, здатності і спроможностей, що забезпечить ефективне виконання покладених на них завдань як у мирний час, так і в особливий період. Підготовки резервів – цілеспрямований та організований процес навчання і виховання особового складу (у тому числі резервістів усіх категорій), підготовки органів управління стратегічного, оперативного та тактичного резерву з метою досягнення їх готовності та здатності до виконання завдань за своїм функціональним призначенням як у мирний час, так і в особливий період.

Відповідність між групами функцій ДПСУ згідно сценарію 2, видом діяльності, що забезпечує реалізацію функцій, суб'єктністю ДПСУ, об'єктами впливу ДПСУ та періодами можна оцінити з табл. 3.

Таблиця 3

Відповідність між групами функцій ДПСУ згідно сценарію 2, видом діяльності, що забезпечує реалізацію функцій, суб'єктністю ДПСУ, об'єктами впливу ДПСУ та періодами реалізації функцій

Групи функцій ДПСУ згідно сценарію 2	Вид діяльності, що забезпечує реалізацію функцій ДПСУ згідно сценарію 2	Суб'єктність ДПСУ	Об'єкти впливу ДПСУ				Період	
			ДК (без обмежень)	«мирні ділянки» ДК	«активні ділянки» ДК (ділянки сусідства з рф і рб)	територія держави	мирний час	особливий період
Охорона ДК	ОСД	Сектор безпеки	1	2			1	2
Захист ДК	ОС та СБД	Сектор безпеки і оборони			3		3	3
Оборона держави	СБД	Сектор оборони				4		4

Основними елементами системи підготовки є: суб'єкти підготовки (СП); об'єкти підготовки (ОП); засоби.

Суб'єктами підготовки є керівництво ДПСУ, начальники регіональних управлінь (РУ) та їх заступники, ректорат відомчого ВВНЗ, начальники (командири) органів охорони державного кордону, Морської охорони, центрів підготовки, керівники підрозділів охорони державного кордону, які планують, організовують, проводять та контролюють заходи підготовки.

Типова сукупність суб'єктів підготовки ДПСУ наведена в табл. 4.

Таблиця 4

Суб'єкти підготовки ДПСУ

№з/п	Суб'єкти підготовки
1	Голова ДПСУ
2	Перший заступник Голови ДПСУ
3	Заступники Голови ДПСУ
4	Начальники органів ДПСУ (РУ, ООДК, ПОДК)
5	Структурні підрозділи підготовки в органах ДПСУ
6	Безпосередні начальники
7	Педагогічний, науковий і науково-педагогічний персонал у навчальних закладах ДПСУ
8	Інструктори

Об'єктами підготовки є органи управління всіх рівнів та особовий склад ДПСУ, з якими проводяться заходи підготовки.

Типові об'єкти підготовки ДПСУ можуть бути оцінені з табл. 5.

Таблиця 5

Об’єкти підготовки ДПСУ

№з/п	Категорія	Об’єкти підготовки (ОП)	
1	Персонал	Військовослужбовці	солдати (матроси)
2			сержанти(старшини)
3			офіцери
4		Працівники ДПСУ	
5	Органи ДПСУ	АДПСУ	
6		РУ	
7		ООДК	
8		ПОДК	
9	Суб’єкти ІУК	АДПСУ	
10		Держмитслужба	
11		МВС	
12		МЗС	
13		Інші органи державної влади	
14	Суб’єкти оборони держави	ЗСУ	
15		СБУ	
16		СЗР	
17		УДО	
18		Інші	

Тоді класифікація видів підготовки в залежності від варіантів К3.1 чи К3.2 може бути представлена у вигляді, що наведений у табл. 6, 7.

У табл. 6 К1.i.j/К2.k.s/К3.1 – це позначення наявного (активного) елемента в системі індивідуальної підготовки.

У табл. 7 К1.i.j/К2.k.s/К3.2 – це позначення наявного (активного) елемента в системі колективної підготовки.

У комірки сірого кольору табл. 6, 7 заносяться позначення СП та ОП, яких стосується конкретний вид підготовки.

Важливим поняттям у системі підготовки є поняття циклу навчання. Під циклом навчання розумітимемо строк, за який орган управління, структурний підрозділ, підрозділ охорони державного кордону, група, формування, комендатура, екіпаж, катер, корабель набуває та підтримує здатність виконувати визначені їм завдання.

Методологічними засадами ефективної підготовки ДПСУ є принципи підготовки. До числа таких відносяться:

професійна спрямованість – відповідність цілей і змісту навчання покладеним на ДПСУ завдань і функціональним аспектам їх виконання (правоохоронного та військового спрямування);

науковість – обґрунтованість процесу підготовки та його змісту з позицій останніх досягнень правоохоронної та військової науки і техніки;

систематичність і послідовність – розподіл змісту підготовки за періодами підготовки (строками навчання у ВВНЗ та навчальних центрах), тісний взаємозв’язок і наступність підготовки, відповідність вимогам стандартів підготовки (вищої військової освіти);

комплексність – системне використання різних форм і методів підготовки для формування в особового складу визначених компетентностей (фахових здібностей) за стандартами підготовки (стандартами професійної військової освіти) для виконання обов’язків за посадою (спеціальністю);

доступність – відповідність навчання його змісту, форм і методів рівню навченості особового складу, що створює передумови для ефективного навчання;

максимальне наближення умов навчання до реальної обстановки на державному кордоні України, з урахуванням уроків та висновків війни у цілому та бойових дій на окремих

напрямках, проведення стабілізаційних операцій (дій) на деокупованих територіях – навчати тому, що необхідно знати та вміти для якісного виконання завдань за призначенням;

наочність – врахування у процесі підготовки особливостей пізнавальної діяльності особового складу;

індивідуальний підхід – персональний підхід до кожного із тих, хто навчається, під час підготовки та проведення занять, розвиток його спроможностей творчо мислити і працювати самостійно, а також приймати рішення в умовах невизначеності та динаміки розвитку обстановки.

Таблиця 6

Класифікація видів підготовки ДПСУ для випадку К3.1

Система підготовки ДПСУ для індивідуальної підготовки згідно класифікації за об'єктами впливу (К3.1)				Класифікація підготовки ДПСУ за рівнями проведення (К2)								
				Підготовка персоналу (К2.1)			Бойова та спеціальна підготовка (К2.2)			Оперативна підготовка (К2.3)		
				з питань реалізації функцій ОСД	з питань реалізації функцій СБД	з питань реалізації функцій ОС та СБД	з питань реалізації функцій ОСД	з питань реалізації функцій СБД	з питань реалізації функцій ОС та СБД	з питань реалізації функцій ОСД	з питань реалізації функцій СБД	з питань реалізації функцій ОС та СБД
			Умовне позначення підготовки	К2.1.1	К2.1.2	К2.1.3	К2.2.1	К2.2.2	К2.2.3	К2.3.1	К2.3.2	К2.3.3
Класифікація підготовки ДПСУ за складом учасників (К1)	Підготовка ДПСУ (К1.1)		К1.1									
	Об'єднана підготовка (К1.2)	у складі суб'єктів ІУК (в тому числі міжнародних)	К1.2.1									
		у складі сил оборони України	К1.2.2									
		у складі суб'єктів ІУК та сил оборони України	К1.2.3									

Таблиця 7

Класифікація видів підготовки ДПСУ для випадку К3.2

Система підготовки ДПСУ для колективної підготовки згідно класифікації за об'єктами впливу (К3.2)				Класифікація підготовки ДПСУ за рівнями проведення (К2)								
				Підготовка персоналу (К2.1)			Бойова та спеціальна підготовка (К2.2)			Оперативна підготовка (К2.3)		
				з питань реалізації функцій ОСД	з питань реалізації функцій СБД	з питань реалізації функцій ОС та СБД	з питань реалізації функцій ОСД	з питань реалізації функцій СБД	з питань реалізації функцій ОС та СБД	з питань реалізації функцій ОСД	з питань реалізації функцій СБД	з питань реалізації функцій ОС та СБД
			Умовне позначення підготовки	К2.1.1	К2.1.2	К2.1.3	К2.2.1	К2.2.2	К2.2.3	К2.3.1	К2.3.2	К2.3.3
Класифікація підготовки ДПСУ за складом учасників (К1)	Підготовка ДПСУ (К1.1)		К1.1									
	Об'єднана підготовка (К1.2)	у складі суб'єктів ІУК (в тому числі міжнародних)	К1.2.1									
		у складі сил оборони України	К1.2.2									
		у складі суб'єктів ІУК та сил оборони України	К1.2.3									

При цьому доцільними формами підготовки вбачається:

для колективної підготовки – тренування (роздільні, спільні, командно-штабні, мобілізаційні); навчання (командно-штабні, командно-штабні мобілізаційні, мобілізаційні, тактичні, тактико-спеціальні, льотно-тактичні, корабельні, корабельно-катерні тактичні, базові тощо); ділові та воєнні ігри; заняття (теоретичні; практичні – тактичні, тактико-спеціальні, тактико-стройові, інструкторсько-методичні тощо); навчальні збори (збори на рейдах, збори-походи катерів, кораблів морської охорони);

для індивідуальної підготовки – курсова підготовка, збори, заняття з визначених програмами індивідуальної підготовки за предметами навчання (лекції, семінари, практичні та групові заняття, групові вправи, літучки, тренування тощо), стажування, самостійна робота, контрольні заходи тощо.

Методи підготовки можуть бути такими.

Словесно-наочний – систематичне та послідовне доведення керівником навчального матеріалу, показу (демонстрації) предметів, що вивчаються для отримання тими, хто навчається, нових знань та формування відповідної уяви.

Тренувальний (репродуктивний) – виконання комплексних дій, у відповідності з визначеним керівником заняття алгоритмом (завчасно встановленим порядком), для

формування необхідних умінь та навичок з метою забезпечення якісного злагодження організаційних структур.

Ситуативно-пізнавальний – проведення розгляду та обговорення реальних (ймовірних) правоохоронних та воєнних заходів і дій (їх оперативних або тактичних епізодів), ознайомлення з досвідом управління силами та засобами ДПСУ при загостренні воєнно-політичної обстановки та воєнному протистоянні в межах прикордонних територій держави.

Пошуковий (евристичний) – самостійний пошук тими, хто навчається, інформації (оптимального варіанту дій) за напрямом, який визначив безпосередній начальник (керівник) для здобування додатково необхідних знань (виконання отриманого завдання).

Творчий (дослідницький) – самостійний пошук шляхів розв'язання проблемної ситуації (виконання поставленого завдання) для здобування глибоких та всебічних знань з використанням творчих та нестандартних підходів.

Слід зауважити, що реалізація наведеної системи підготовки ДПСУ має здійснюватись у відповідності до вимог Концепції трансформації системи військової освіти [21].

Висновки й перспективи подальших досліджень. Таким чином, оцінка перспектив ймовірного або доцільного розвитку прикордонного відомства з урахуванням наявної ситуації щодо безпекової складової держави та можливих тенденцій щодо її зміни, а також оцінка системи підготовки сил оборони держави дозволили запропонувати можливий варіант формування системи підготовки прикордонного відомства України та на основі його реалізації систему такої підготовки.

Перспективи подальших розвідок за досліджуваною темою вбачаються у деталізації класифікації видів підготовки ДПСУ, проведенні широкої дискусії і визначенні сценаріїв ефективного застосування ДПСУ на даний час і в перспективі, доктринальному закріпленні сценаріїв застосування ДПСУ, опрацюванні нормативної бази для реалізації прийнятої моделі системи підготовки ДПСУ, а також у формуванні змісту підготовки ДПСУ.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Щипанський П. В., Тимошенко Р. І., Салкуцан С. М. Формування нової парадигми військової освіти. Наука і оборона №2, Вид-во НУОУ, 2017. – С. 37-42.

2. Осьодло В., Ворона Т., Пелих А. Вища військова освіта України у контексті інформаційного суспільства. Військова освіта. 2018. Том 38. Випуск 2. С. 183–191.

3. Мудрак Ю. М. Імплементація стандартів НАТО у Збройних Силах України. Воєнна безпека та воєнна політика держави. №2 (69), 2020.

4. Бестюк А. І. Механізми державного управління вищою військовою освітою в Україні: дис. Канд. Наук з держ. Упр. 25.00.02. Харків. 2021. 259 с.

5. Левадний І. А., Фігура О. В., Боровик О. В. Стан та актуальні проблеми освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України в контексті трансформації військової освіти. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 1 (28), частина 1. Ст. 105-127. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk. (дата звернення: 16.02.2022)

6. Сердюк С. І., Луцький О. Л., Боровик О. В. Шляхи та способи розв'язання актуальних проблем освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України в контексті трансформації військової освіти. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 1 (28), частина 1. Ст. 194-221. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk. (дата звернення: 16.02.2022)

7. Васильчук І. І., Коваль Б. М., Боровик О. В. Нормативно-правові і технологічні засади вдосконалення освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України в контексті трансформації військової освіти. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 1 (28), частина 1. Ст. 5-19. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk. (дата звернення: 16.02.2022)

8. Васильчук І., Боровик О., Степанова Ю., Стрельбіцький М. Оцінка ефективності реалізації перспективних моделей освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України: фінансовий аспект. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 1 (28), частина 2. Ст. 18-33. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (дата звернення: 25.05.2022)

9. Фігура О., Боровик О., Полюк В., Маланчій М. Оцінка можливості ефективної реалізації перспективних моделей освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України: кадровий аспект. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 1 (28), частина 2. Ст. 213-229. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (дата звернення: 25.05.2022)

10. Коваль Б., Боровик О., Ставицький О. Щодо механізмів сертифікації результатів освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України за стандартами НАТО. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 1 (28), частина 2. Ст. 107-123. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (дата звернення: 25.05.2022)

11. Сердюк С., Боровик О. Концепція трансформації освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 1 (28), частина 2. Ст. 166-192. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (дата звернення: 25.05.2022)

12. Боровик О. В., Боровик Л. В. Методичний підхід до оцінки ефективності реалізації перспективних моделей освітньої підготовки персоналу Державної прикордонної служби України: результативний аспект // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: 2022. - № 74. – С. 115-123.

13. Загальна оцінка системи підготовки кадрів Державної прикордонної служби України. Звіт Міжнародного центру розвитку міграційної політики в рамках реалізації проєкту «Підтримка ЄС у зміцненні інтегрованого управління кордонами в Україні» (EU4IBM) Україна, 2021 рік. – 124 с.

14. Закон України „Про Державну прикордонну службу України" від 3 квітня 2003 року № 661-IV.

15. Доктрина підготовки сил оборони держави, затверджена наказом Генерального штабу Збройних Сил України 21.01.2020 № 18.

16. Доктрина з організації підготовки у Збройних Силах України, затверджена начальником Генерального штабу Збройних Сил України 25.06.2020 ВКП 7-00(03).01.

17. Настанова з підготовки персоналу у Збройних Силах України, затверджена начальником Генерального штабу Збройних Сил України 25.09.2020 № 2894/НВГШ.

18. Настанова з бойової підготовки у Збройних Силах України, затверджена начальником Генерального штабу Збройних Сил України 07.10.2020 ВКДП 7-00(03).01.

19. Наказ Міністерства освіти і науки України «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 252 «Безпека державного кордону» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти» № 1384 від 12.12.2018.

20. Наказ Міністерства освіти і науки України «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 252 «Безпека державного кордону» для другого (магістерського) рівня вищої освіти» № 379 від 04.03.2020.

21. Постанова Кабінету Міністрів України № 1490 від 30 грудня 2022 року «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 15 грудня 1997 року № 1410».

22. Закон України „Про національну безпеку України" від 21 червня 2018 року № 2469-VIII.

REFERENCES:

1. Shchypanskyi P. V., Tymoshenko R. I., Salkutsan S. M. Formuvannia novoi paradyhmy viiskovoi osvity. Nauka I oborona №2, Vyd-vo NUOU, 2017. – S. 37-42.

2. Osodlo V., Vorona T., Pelykh A. Vyshcha viiskova osvita Ukrainy u konteksti informatsiinoho suspilstva. Viiskova osvita. 2018. Tom 38. Vypusk 2. S. 183–191.

3. Mudrak Yu. M. Implementatsiia standartiv NATO u Zbroinykh Sylakh Ukrainy. Voienna bezpeka ta voienna polityka derzhavy. №2 (69), 2020.

4. Bestiuk A. I. Mekhanizmy derzhavnoho upravlinnia vyshchoiu viiskovoiu osvitoiu v Ukraini: dys. Kand. Nauk z derzh. Upr. 25.00.02. Kharkiv. 2021. 259 s.

5. Levadnyi I. A., Fihura O. V., Borovyk O. V. Stan ta aktualni 44ersona osvitnoi pidhotovky 44ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy v konteksti transformatsii viiskovoi osvity. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: pedahohichni nauky, 1 (28), chastyna 1. St. 105-127. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk. (data zvernennia: 16.02.2022)

6. Serdiuk S. I., Lutskyi O. L., Borovyk O. V. Shliakhy ta sposoby rozviazannia aktualnykh problem osvitnoi pidhotovky 44ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy v konteksti transformatsii viiskovoi osvity. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: pedahohichni nauky, 1 (28), chastyna 1. St. 194-221. URL

https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk. (data zvernennia: 16.02.2022)

7. Vasylchuk I. I., Koval B. M., Borovyk O. V. Normatyvno-pravovi I tekhnolohichni zasady vdoskonalennia osvitnoi pidhotovky 45ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy v konteksti transformatsii viiskovoi osvity. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: pedahohichni nauky, 1 (28), chastyna 1. St. 5-19. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk. (data zvernennia: 16.02.2022)

8. Vasylchuk I., Borovyk O., Stepanova Yu., Strelbitskyi M. Otsinka efektyvnosti realizatsii perspektyvnykh modelei osvitnoi pidhotovky 45ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy: finansovyi 45erson. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: pedahohichni nauky, 1 (28), chastyna 2. St. 18-33. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (data zvernennia: 25.05.2022)

9. Fihura O., Borovyk O., Poliuk V., Malanchii M. Otsinka mozhlyvosti efektyvnoi realizatsii perspektyvnykh modelei osvitnoi pidhotovky 45ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy: kadrovyi 45erson. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: pedahohichni nauky, 1 (28), chastyna 2. St. 213-229. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (data zvernennia: 25.05.2022)

10. Koval B., Borovyk O., Stavytskyi O. Shchodo mekhanizmiv sertyfikatsii rezultativ osvitnoi pidhotovky 45ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy za standartamy NATO. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: pedahohichni nauky, 1 (28), chastyna 2. St. 107-123. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (data zvernennia: 25.05.2022)

11. Serdiuk S., Borovyk O. Kontseptsiia transformatsii osvitnoi pidhotovky 45ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: pedahohichni nauky, 1 (28), chastyna 2. St. 166-192. URL https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/970/919 (data zvernennia: 25.05.2022)

12. Borovyk O. V., Borovyk L. V. Metodychnyi pidkhid do otsinky efektyvnosti realizatsii perspektyvnykh modelei osvitnoi pidhotovky 45ersonal Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy: rezultatyvnyi 45erson // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: 2022. - № 74. – S. 115-123.

13. Zahalna otsinka systemy pidhotovky kadriv Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Zvit Mizhnarodnoho tsentru rozvytku mihratsiinoi polityky v ramkakh realizatsii proiektu «Pidtrymka YeS u zmitsnenni intehrovanoho upravlinnia kordonamy v Ukraini» (EU4IBM) Ukraina, 2021 rik. – 124 s.

14. Zakon Ukrainy „Pro Derzhavnu prykordonnu sluzhbu Ukrainy" vid 3 kvitnia 2003 roku № 661-IV.

15. Doktryna pidhotovky syl oborony derzhavy, zatverdzhena nakazom Heneralnoho shtabu Zbroinykh Syl Ukrainy 21.01.2020 № 18.

16. Doktryna z orhanizatsii pidhotovky u Zbroinykh Sylakh Ukrainy, zatverdzhena nachalnykom Heneralnoho shtabu Zbroinykh Syl Ukrainy 25.06.2020 VKP 7-00(03).01.

17. Nastanova z pidhotovky 45ersonal u Zbroinykh Sylakh Ukrainy, zatverdzhena nachalnykom Heneralnoho shtabu Zbroinykh Syl Ukrainy 25.09.2020 № 2894/NVHSh.

18. Nastanova z boiovoi pidhotovky u Zbroinykh Sylakh Ukrainy, zatverdzhena nachalnykom Heneralnoho shtabu Zbroinykh Syl Ukrainy 07.10.2020 VKDP 7-00(03).01.

19. Nakaz Ministerstva osvity I nauky Ukrainy «Pro zatverdzhennia standartu vyshchoi osvity za spetsialnistiu 252 «Bezpeka derzhavnoho kordonu» dlia pershoho (bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity» № 1384 vid 12.12.2018.

20. Nakaz Ministerstva osvity I nauky Ukrainy «Pro zatverdzhennia standartu vyshchoi osvity za spetsialnistiu 252 «Bezpeka derzhavnoho kordonu» dlia druhoho (mahisterskoho) rivnia vyshchoi osvity» № 379 vid 04.03.2020.

21. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy № 1490 vid 30 hrudnia 2022 roku «Pro vnesennia zmin do postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 15 hrudnia 1997 roku № 1410».

22. Zakon Ukrainy „Pro natsionalnu bezpeku Ukrainy" vid 21 chervnia 2018 roku № 2469-VIII.

D.Sci. prof. Borovyk O. V,. PhD Binkovskyi O. A., Levadny I. A.,PhD Figure O. V.

A VIEW ON THE FORMATION OF THE TRAINING SYSTEM OF THE BORDER OFFICE OF UKRAINE

Analysis of the State Border Service of Ukraine's performance of legally defined functions during the period of its existence, as well as the experience of performing tasks in a special period, indicates the existence of potential mechanisms for the development of the state's security environment due to the improvement of the security component of the agency's activities. One of the components that directly affect the efficiency of the department's activity is the training system of the State Border Service of Ukraine. An urgent task is to find ways to improve the efficiency of the border agency through the prism of developing its training system.

The issue of improving the system of personnel training of the security and defense forces of Ukraine has received the attention of a significant number of scientists. Current issues of educational training of personnel of the State Border Service of Ukraine were analyzed by scientists, the management of the border agency and official representatives of the European Union. However, despite the serious attention given to the issue of educational training of the personnel of the State Border Service of Ukraine, the issue of training of the border agency of Ukraine in general, its systematicity, structure and efficiency has not yet been fully investigated.

The article proposes one of the possible mechanisms for the formation of the training system of the border agency of Ukraine, and also implements a variant of its application. The implementation of the proposed mechanism provided for: assessment of the prospects of the probable or expedient development of the border agency, taking into account the current situation regarding the security component of the state and possible trends regarding its change; assessment of the training system of the state defense forces; justification of a possible variant of the formation of the training system of the border agency of Ukraine.

Keywords: State Border Service of Ukraine; training system; model; scenario; operational service activity; service and combat activity.

УДК629.123.03, 004.62

д.т.н., проф. **Гунченко Ю.О.** (ОНУ ім. І.І. Мечникова)
Камєнєв К.І. (НУ "Одеська морська академія")
к.т.н., доц. **Камєнєва А.В.** (ОНУ ім. І.І. Мечникова)
Зуй О.М. (ОНУ ім. І.І. Мечникова)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-04

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ КОНТЕЙНЕРНОГО СУДНА З УРАХУВАННЯМ СТРУКТУРНИХ ТА ОПЕРАЦІЙНИХ ОБМЕЖЕНЬ

Підвищення ефективності завантаження контейнерних суден, особливо у воєнний час, є однією з найважливіших проблем. У статті розглянуто питання забезпечення безпеки судноплавства на контейнерних суднах на етапі складання вантажного плану. Приведено відомі вантажні програми, що є частинами великих вбудованих комплексів, які розроблені для вирішення подібних проблем. Наведено булеву математичну модель для задачі завантаження контейнерного судна, яка охоплює певні операційні та структурні обмеження самого судна, а також обмеження щодо сумісності небезпечних вантажів. Для розв'язання вищевказаної задачі, що використовується в запропонованому модулі вантажної програми, виконується поділ завдання на два етапи. На першому етапі виконується розрахунок попереднього розміщення контейнерів з урахуванням структурних та експлуатаційних обмежень за допомогою евристичного метода та розраховуються параметри безпеки (остійність, диферент, міцність, крен та ін.). На другому етапі виконується оптимізація розміщення контейнерів щодо зазначених параметрів за допомогою генетичного алгоритму стаціонарного стану. Розроблено модуль вантажної програми Bay Plan, який дозволяє виконувати попереднє розміщення контейнерів як за допомогою евристичного методу, так і вручну, а також оптимізувати таке розміщення щодо морехідних якостей судна. Також запропоновано структури даних для вантажної програми контейнерного судна. Розроблений інтерфейс модуля Bay Plan дозволяє користувачу графічно зображати вантажний план контейнерного судна та вводити і редагувати інформацію по судну, контейнерах, небезпечних вантажах, правилах їх розміщення та сегрегації на основі таблиць сегрегації Міжнародного морського кодексу з небезпечних вантажів IMDG Code, а також редагувати існуючі правила розміщення та сегрегації небезпечних вантажів.

Ключові слова: контейнерні судна, вантажний план, небезпечні вантажі, вантажна програма, генетичний алгоритм стаціонарного стану, булева математична модель, послідовність завантаження контейнерів, параметри безпеки, перевірка завантаження.

Вступ та постановка задачі. Одним з основних напрямків національної транспортної стратегії України на період до 2030 року є масова контейнеризація перевезень. Її ціль – збільшення частки та стимулювання розвитку контейнерних перевезень [1]. У теперішній час світовий контейнерний флот продовжує збільшуватись в розмірах та місткості, але самі судна мають витрачати менше часу в портах на обробку вантажів [2]. Тому підвищення ефективності завантаження контейнерних суден, особливо у воєнний час, є однією з найважливіших проблем. Підготовка вантажного плану контейнерних суден при забезпеченні обмежень щодо морехідної безпеки є однією з головних задач вирішення цієї проблеми. Попереднє планування розміщення контейнерів на судні вимагає врахування великої кількості факторів. Також при складанні вантажного плану необхідно брати до уваги людський фактор, тому на сучасному флоті для створення вантажного плану використовуються вантажні програми, які зменшують його вплив і, тим самим, підвищують безпеку судноплавства [3]. В даний час є багато вантажних програм, деякі з них являють собою частини цілих вбудованих комплексів, деякі створюються і використовуються окремо, проте всі вони розроблені з однією головною метою – підвищити безпеку мореплавства шляхом забезпечення виконання вимог міжнародних документів, таких як International Codeon Intact Stability (Міжнародний кодекс остійності суден у непошкодженому стані), IMDG Code тощо.

При експлуатації будь-якого судна вантажні програми відіграють окрему роль, а в разі експлуатації контейнеровозів вони дозволяють отримати результати з великою точністю, яка обумовлена тим, що вантажні місця контейнерів чітко визначені [4].

Причинами, які стримують повсюдне використання комп'ютеризованих комплексів, є великі витрати на їх впровадження та експлуатацію та функціональна складність і надмірність поширених програмних продуктів [5]. Для кращого розуміння специфіки такого програмного забезпечення необхідно розглянути існуючі продукти. Програма MACS3 Basic Loading Program [6] розрахована для різних типів суден (контейнерних, танкерів, балкерів, пасажирських, Ро-Ро, генеральних). Для кожного типу суден використовується відповідний модуль.

У випадку контейнеровозів таким модулем є «BELCO Container Management Module». Модуль небезпечних вантажів DAGO перевіряє виконання вимог укладки і сегрегації відповідно до кодексу IMDG.

Програма LOAD-DEQ [7] від компанії NAUDEQ також має декілька модулів, кожен з яких має свої особливості.

В модулі, призначеному для контейнерних вантажів, є можливість для вводу та зберігання інформації про контейнерні вантажі та складання вантажного плану. Дії з небезпечними вантажами обмежені.

NEREIDA Loading Calculator [8] – продукт компанії S.A. Sedni (Іспанія).

Дане програмне забезпечення завжди перевіряє вимоги до остійності і міцності згідно з міжнародними вимогами і вимогами класифікаційних товариств.

Для контейнеровозів є можливість використовувати модуль NEREIDA Containers. Це програмне забезпечення призначене для використання як на суші, так і в морі.

Програма підтримує перевірку вимог ISO щодо контейнерів та містить модуль сегрегації небезпечних вантажів. Програма також підтримує функції пов'язані з операціями у портах.

Крім згаданих є багато інших вантажних програм, проте основні функції у них співпадають згідно з вимогами IACS (International association of classification societies, Міжнародна асоціація класифікаційних товариств).

Також, слід зазначити, що відомі програми працюють за закритими алгоритмами і не дозволяють швидко відкоригувати вимоги до розташування вантажів. З цієї причини навіть найпотужніші продукти є дуже вразливими до раптових факторів і зовсім негнучкими [4].

У зв'язку з викладеним, був розроблений модуль Bay Plan вантажної програми контейнерного судна, який можна використовувати для розрахунку та редагування розташування контейнерів з урахуванням структурних та експлуатаційних обмежень, сегрегації небезпечних товарів відповідно до Міжнародного морського кодексу з небезпечних вантажів IMDG Code (International maritime dangerous goods code), а також для перевірки параметрів безпеки.

На рис.1 показано головне вікно зазначеного модуля Bay Plan вантажної програми контейнерного судна, розробленого в середовищі Microsoft Visual Studio засобами мови C#.

Вантажний план у додатку Bay Plan складається з використанням булевої математичної моделі [9, 10].

Позначимо через x_{tcijkp} контейнер розміру t (0 –TEU, 1 –FEU) з вантажем класу IMDG c (c=0,1,…,17; $c = 0$ – безпечний вантаж) в позиції(i, j, k), що йде в порт p ($p = 1, 2, \dots$). Координата івідповідає за порядковий номер бея, починаючи з носа; координатиjта k – за розташування контейнера у відповідному беї.

$x_{tcijkp} = 1$,якщо контейнер розміру t з вантажем класу c знаходиться у позиції (i, j, k) і йде в порт p, $x_{tcijkp} = 0$ в іншому випадку.

Рисунок 1. Інтерфейс модуля Bay Plan

Нехай треба завантажити на судно n^c_{0p}TEU $i2n^c_{1p}$FEUдля кожного класу небезпечних вантажів c та порту p:

$$-\left(\sum_i\sum_j\sum_k x_{tcijkp}\right) \le (-1-t)n^c_{tp}, \qquad \forall\, t, c, p; \tag{1}$$

$i \in [0..i_{max}]$, де $i_{max}+1$–загальна кількість беїв у TEU;
$j \in [0..j_{max}]$, де $j_{max}+1$–максимальна кількість контейнерів по *j*;
$k \in [0..k_{max}]$, де $k_{max}+1$–максимальна кількість контейнерів по *k*.

FEU займають 2 TEU позиції (зai). Таким чином, якщо$x_{1ci'jkp}=1$, то $x_{1c(i'+1)jkp}=1$, і навпаки, де $i' \in i$– номера беїв під FEU. Стандартний вид цього обмеження для задачі оптимізації:

$$\left|x_{1ci'jkp}-x_{1c(i'+1)jkp}\right| \le 0, \qquad \forall\, c, i', j, k, p; \tag{2}$$

В одній позиції трюму може бути TEU, FEU, або вона може бути порожньою. Тобто, якщо$x_{0cijkp}=1$, то $x_{1cijkp}=0$, і навпаки:

$$\sum_t\sum_c\sum_p (x_{tcijkp}) \le 1, \qquad \forall\, i, j, k; \tag{3}$$

Контейнери можуть знаходитися на палубі, кришці або один поверх іншого, вони не можуть парити в повітрі:

$$k*\sum_t\sum_c\sum_p (x_{tcijkp}) - \sum_{k^*=0}^{k-1}\sum_t\sum_c\sum_p x_{tcijk^*p} \le 0, \forall\, i, j, k>0; \tag{4}$$

Конструкція контейнерів дозволяє ставити FEU поверх TEU, але не дозволяє ставити TEU поверх FEU. Таким чином, якщо $x_{1cijkp}=1$, то $\sum_c\sum_p\sum_{k^*>k}(x_{0cijk^*p})=0$.Звідки:

$$2M\sum_c\sum_p x_{1cijkp} + \sum_c\sum_p\sum_{k^*>k}(x_{0cijk^*p}) \le 2M, \qquad \forall\, i, j, k; \tag{5}$$

Тут M– найбільша кількість контейнерів, яка може бути в одному стеку.

Також не можна вантажити FEU на стеки TEU різної висоти:

$$\left\|\left[\sum_{c}\sum_{p}\sum_{k^*=0}^{k} x_{0ci'jk^*p}\right]_s - \left[\sum_{c}\sum_{p}\sum_{k^*=0}^{k} x_{0c(i'+1)jk^*p}\right]_s\right| \le M - Mw_s),$$

$$\left[\sum_{p}\sum_{c} x_{1ci'j(k+1)p} + \sum_{p}\sum_{c} x_{1c(i'+1)j(k+1)p}\right]_s \le Mw_s, \qquad \forall\, i', j, k; \tag{6}$$

До кожного s-го обмеження вводиться додаткова логічна змінна $w_s \in \{0; 1\}$ [11].

Вимоги до сегрегації небезпечних вантажів можна подати так:

$$\sum_{i^*=i''-l_{c1c2}}^{i''+l_{c1c2}} \sum_{j=j''-w_{c1c2}}^{j''+w_{c1c2}} \sum_{k^*=k''-h_{c1c2}}^{k''+h_{c1c2}} \left(x_{t,c1,i^*j^*k^*p}\right) \le R\left(1 - x_{tc2ijkp}\right), \tag{7}$$

$\forall\, t, p, c1 \neq c2, i'', j'', k''.$

Тут $i'' \in [l_{c1c2}..i_{max} - l_{c1c2}]$т, $j'' \in [w_{c1c2}..j_{max} - w_{c1c2}]$, $k'' \in [h_{c1c2}..k_{max} - h_{c1c2}]$, де l_{c1c2} – вимога для поздовжнього інтервалу в TEU, h_{c1c2} – вимога для вертикального інтервалу, а w_{c1c2} – вимога для поперечного інтервалу між двома контейнерами IMDG класів c1тас2; R – максимальна кількість контейнерів у зоні обмежень.

І, нарешті, вантажі, призначені до порту призначення, неспроможні перебувати під вантажами до наступних за ним портів:

$$M\sum_{t}\sum_{c} x_{tcijkp} + \sum_{t}\sum_{c}\sum_{k^*>k}\sum_{p^*>p} x_{tcijk^*p^*} \le M, \qquad \forall\, i, j, k, p. \tag{8}$$

Тут M– найбільша кількість контейнерів, яка може бути в одному стеку.

Таким чином, математична модель (1) – (8) охоплює певні операційні та структурні обмеження і забезпечує наступне:

1. Усі необхідні контейнери завантажуються з урахуванням їх видів та типів вантажів.
2. Жодні два контейнери не займають одне і те ж місце.
3. FEU(forty-foot equivalent unit) контейнери займають два TEU(twenty-foot equivalent unit) слоти у вантажному просторі.
4. TEU контейнери не можна завантажувати поверх FEU контейнерів.
5. FEU контейнери не можна завантажувати поверх двох стеків TEU різної висоти.
6. Як TEU, так і FEU контейнери, можуть бути розміщені тільки над іншими контейнерами, або на палубі судна; вони не можуть парити у повітрі.
7. Контейнери, які містять небезпечні вантажі, задовольняють обмеженням Міжнародного морського кодексу з небезпечних вантажів.
8. Контейнери, призначені для кожного порту призначення, не можуть перебувати під вантажами для наступних портів.

У додатку Bay Plan для розрахунку розміщення контейнерів використовується метод, який заснований на генетичному алгоритмі та враховує обмеження математичної моделі. Задача розташування деякої кількості контейнерів у вантажному просторі судна є NP-повною, проте загальна кількість варіантів розташування робить використання точних методів

непрактичними. Серед неточних методів було обрано генетичний алгоритм через його гнучкість, точність та історію успішного використання для розв'язання подібних задач [12].

Для роботи з програмою спочатку треба ввести інформацію про судно та вантажі. Це можна зробити за допомогою меню програми, наприклад, рис.2, або із файлу.

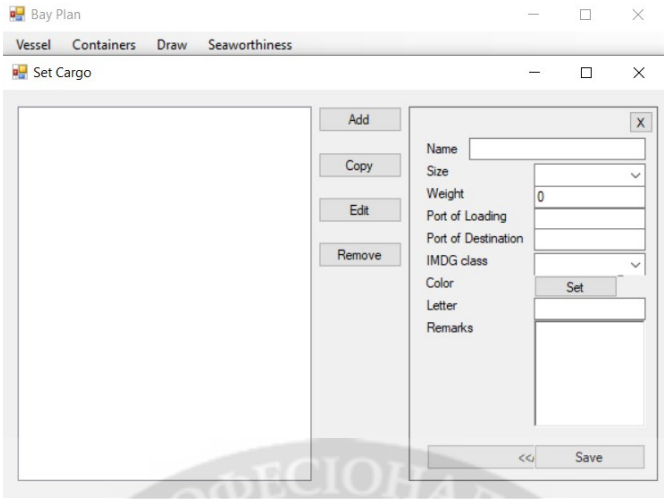


Рисунок 2. Введення інформації про вантажі

Після введення інформації про судно та вантажі модуль Bay Plan виконує розрахунок попереднього розміщення контейнерів (рис.1) з урахуванням структурних та експлуатаційних обмежень за допомогою евристичного методу. Після чого виконується оптимізація за допомогою генетичного алгоритму стаціонарного стану [13].

Попереднє планування розміщення контейнерів на судні також вимагає врахування характеристик небезпечних вантажів та їх сумісності. У додатку Bay Plan є можливість редагувати існуючі правила та додавати довільно задані правила, які дозволяють уточнити вимоги до сегрегації окремих вантажів на суднах відповідно до IMDG Code (рис.3).

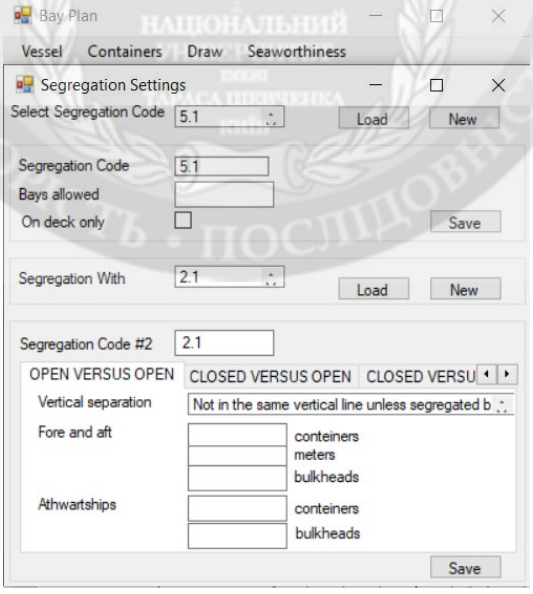


Рисунок 3. Інтерфейс редагування правил сегрегації

Розв'язання задачі щодо автоматизації складання плану завантаження контейнеровозу передбачає поділ завдання на два етапи.

На першому етапі розраховується допустиме розташування контейнерів з урахуванням конструктивних обмежень, послідовності завантаження контейнерів, сумісності небезпечних

вантажів, після чого розраховуються параметри безпеки (остійність, міцність, диферент тощо). На другому етапі виконується оптимізація розташування контейнерів на основі цих параметрів.

Завантаження контейнерних суден повинно задовольняти обмеженням щодо морехідної безпеки. Додаток Bay Plan дає змогу показати розраховані морехідні якості судна (рис.4).

Додаток Bay Plan реалізовано засобами об'єктно-орієнтованої мови C#, яка дозволяє представити реально існуючі сутності об'єктами, що є екземплярами відповідних класів. Таким чином, є можливість описати значну частину реалізації проекту в термінах, які характеризують предметну область, що сприяє ясному уявленню даних та їм притаманних методів і властивостей на рівні програмного коду.

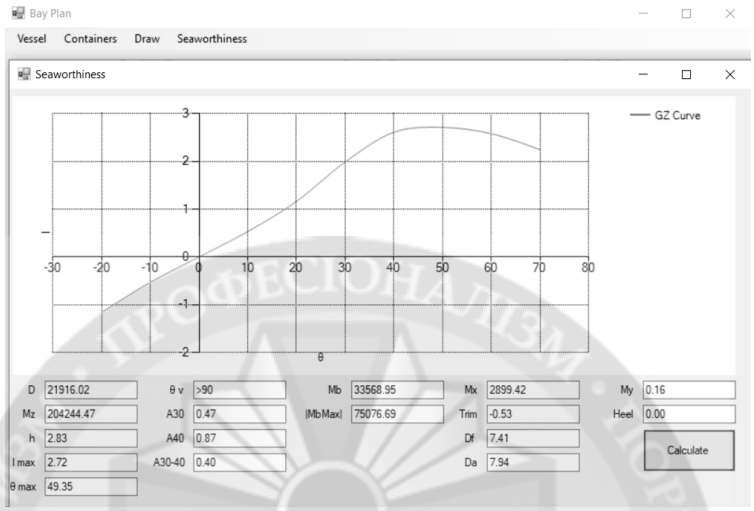


Рисунок 4. Розрахунок морехідних якостей судна

При розробці модуля Bay Plan було створено об'єкти, які описують реальні предмети і процеси.

Основним об'єктом для вантажної програми є об'єкт, який відповідає судну. Для створення такого об'єкта був спроектований відповідний клас, який називається vsl. Клас – абстрактний тип даних, деякий шаблон, на основі якого створюватимуться його екземпляри – об'єкти.

Цей клас містить поля: назва судна, максимальна довжина судна, максимальна ширина судна, довжина судна між перпендикулярами, водотоннажність, моменти, список плечей остійності (кожне плече є окремим об'єктом відповідного класу), список беїв судна (кожен бей є окремим об'єктом відповідного класу), список контейнерів судна (кожен контейнер є окремим об'єктом відповідного класу), гідростатичні таблиці, список портів, клас для зберігання інформації про небезпечні вантажі та їх сумісність та інші дані про судно.

Так як розглядається контейнерне судно, то основною одиницею вантажного плану є бей, а не трюм. Тому клас vsl (судно) містить підклас bay, який є відображенням бея для стандартних 20-футових контейнерів. Клас bay містить такі поля як: номер бея, номер відповідного 40-футового бея (якщо є), висота та ширина бея у контейнерах, координати центру ваги для 20-футових та 40-футових контейнерів, вантаж, що знаходиться у беї, у вигляді двомірного масиву об'єктів класу box та ін.

Висновки

1. В статті наведено інформаційну систему для завантаження контейнерного судна з урахуванням структурних та операційних обмежень.

2. Пропонований модуль вантажної програми є легким в освоєнні і дозволяє:

- здійснювати розрахунок розміщення вантажів з урахуванням структурних та операційних обмежень судна та сегрегації небезпечних товарів відповідно до IMDG Code та графічно зображати вантажний план контейнерного судна (рис. 1);

- редагувати список контейнерів;

- задавати правила сегрегації на основі таблиць сегрегації IMDG Code, а також редагувати існуючі правила (рис.3);

- розраховувати морехідні якості судна (рис. 4).

3. Окрім цього дана програма дозволяє задавати правила розміщення та розподілення для будь-яких інших вантажів, які вимагають додаткових обмежень.

4. Існує можливість доповнити пропонований модуль вантажної програми додатковим функціоналом.

ЛІТЕРАТУРА:

1.Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [Електронний ресурс] Кабінет Міністрів України. Розпорядження, 2021. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text

2. Review of Maritime Transport 2020 [Електронний ресурс] United Nations Conference on Trade and Development,2020. Режим доступу: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2020_en.pdf

3. Комплексный метод загрузки судна тарно-штучными грузами с учетом инерционных сил качки: автореферат / А.О. Чепок. О.: Вид. ОНМА, 2014. 22 с.

4. Камєнєв, К.І., Камєнєва, А.В. Розробка вантажної програми для контейнерного судна з урахуванням вимог Міжнародного морського кодексу з небезпечних вантажів / Наукові праці: Науково-методичний журнал. Комп'ютерні технології. 2017. Том 308. Вип. 296. С. 94-99.

5. Горб, С.И., Каменева, А.В. Информационная система для автоматизации технического менеджмента судов/ Автоматика-2008: доклады XV международной конференции по автоматическому управлению. 2008. С. 134-137.

6. MACS3 for container vessels [Електроннийресурс] Navis Carrier & Vessel Solutions, 2022.Режим доступу: https://www.navis.com/getmedia/554999be-7a35-432d-92fa-200f81081974/flyer_macs3_container-vessels.pdf

7. Product LOAD-DEQ [Електроннийресурс] Nautic Expo by virtual expo group, 2022. Режимдоступу: https://pdf.nauticexpo.com/pdf/naudeq/load-deq/32008-33704.html

8. NEREIDA Loading Calculator [Електроннийресурс] Sedni Marine System, 2022. Режимдоступу: https://sedni.com/en/nereida-en/

9. Камєнєв, К.І., Камєнєва, А.В., Цимбал, М.М. Розробкаматематичноїмоделідлязадачібей-плануз урахуваннямпослідовностізавантаженняконтейнерів/ Судноводіння: наук. –техн. Зб. 2021. Вип. 32. С. 34 – 45.

10. Zhu, H., Ji, M., Guo, W. Integer Linear Programming Models for the Containership Stowage Problem / Math. Probl. Eng. 2020. Vol. 2020.doi: 10.1155/2020/4382745

11. Kamieniev, K., Kamienieva, A., Tsymbal, M. Construction of a mathematical model and a method for arranging hazardous cargoes on a containership / Eastern-European J. Enterp. Technol. 2019. № vol. 6, no. 3–102, С. 20–27.

12. Mingo López, L.F., Gómez Blas, N.,Arteta Albert, A.Multidimensional knapsack problem optimization using a binary particle swarm model with genetic operations / Soft Comput. 2018. Vol. 22, no. 8. С. 2567–2582.

13. Tsymbal, M., Kamieniev, K. Modified Integer Model for Solving the Master Bay Problem /The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea TransportationJournal. 2021. Vol. 15 No. 4.С. 749-753.

REFERENCES:

1."ProskhvalennjaNacionaljnojitransportnojistrateghijiUkrajinyna period do 2030 roku"[On approval of the National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030] (2021),Kabinet Ministriv Ukrajiny. Rozporjadzhennja, https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text

2. "Review of Maritime Transport 2020" 2020th ed. (2020),https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2020_en.pdf

3. Chepok, A.O. (2014), "*Kompleksnyj metod zaghruzky sudna tarno-shtuchnymy ghruzamy s uchetom ynercyonnykhsylkachky*": avtoreferat"[*An integrated method for loading a ship with packaged cargoes, taking into account the inertial forces of rolling*], ONMA, Odesa, 22 p.

4. Kamieniev, K.I. and Kamienieva, A.V. (2017), "Rozrobka vantazhnoji proghramy dlja kontejnernogho sudna z urakhuvannjam vymogh Mizhnarodnogho morsjkogho kodeksu z nebezpechnykh vantazhiv" [Development of a cargo program for a container ship taking into account the requirements of the International

Maritime Code for Dangerous Goods], *Naukovipraci: Naukovo-metodychnyjzhurnal. Komp'juternitekhnologhiji*, vol. 308. No.296, pp. 94-99.

5. Gorb, S.Y. and Kamienieva, A.V. (2008), "Ynformacyonnaja systema dlja avtomatyzacyy tekhnycheskogho menedzhmenta sudov" [Information system for automating the technical management of ships], *Avtomatyka-2008*: doklady XV mezhdunarodnoj konferencyy po avtomatycheskomu upravlenyju, pp. 134-137.

6. MACS3 for container vessels, Navis Carrier & Vessel Solutions (2022), https://www.navis.com/getmedia/554999be-7a35-432d-92fa-200f81081974/flyer_macs3_container-vessels.pdf

7. Product LOAD-DEQ, Nautic Expo by virtual expo group (2022), https://pdf.nauticexpo.com/pdf/naudeq/load-deq/32008-33704.html

8. NEREIDA Loading Calculator, Sedni Marine System (2022), https://sedni.com/en/nereida-en/

9. Kamieniev, K. I., Kamienieva, A.V. andTsymbal, M. M. (2021), "Rozrobka matematychnoji modeli dlja zadachibej-planu z urakhuvannjam poslidovnosti zavantazhennja kontejneriv" [Development of a mathematical model for the bay-plan problem considering the sequence of loading containers], *Sudnovodinnja*, No. 32, pp. 34 – 45.

10. Zhu, H., Ji, M. andGuo, W. (2020), "Integer Linear Programming Models for the Containership Stowage Problem",*Math. Probl. Eng*., vol. 2020, doi: 10.1155/2020/4382745

11. Kamieniev, K.,Kamienieva, A. andTsymbal, M. (2019),"Construction of a mathematical model and a method for arranging hazardous cargoes on a containership", *Eastern-European J. Enterp. Technol*., vol. 6, No. 3–102, pp. 20–27.

12. Mingo López, L.F., Gómez Blas, N. andArteta Albert, A. (2018), "Multidimensional knapsack problem optimization using a binary particle swarm model with genetic operations", *Soft Comput*., vol. 22, no. 8, pp. 2567–2582.

13. Tsymbal, M. andKamieniev, K. (2021),"Modified Integer Model for Solving the Master Bay Problem", *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation Journal*, Vol. 15 No. 4, pp. 749-753.

D.Sci. Tech. prof. Gunchenko Y., Kamieniev K., Ph.D. Kamienieva A., Zui O.

STOWAGE PLANNING SOFTWARE DEVELOPMENT CONSIDERING STRUCTURAL AND OPERATIONAL CONSTRAINTS

Increasing the efficiency of loading container ships, especially in wartime, is one of the most important problems. The paper examines elimination of safety issues in marine transportation of containerized goods at the stowage planning stage. The article examines well-known stowage planning software that was developed in order to help with the stowage planning process. This paper presents a Boolean mathematical model of integer linear programming, which considers structural and operational constraints of a vessel and containers likewise, including hazardous cargoes compatibility constraints (according to the International Maritime Dangerous Cargoes Code) and container loading sequences (that depends on discharging port order). The proposed approach for solving the task mentioned above consists of dividing it into two stages. At the first stage, a preliminary stowage arrangement is calculated using a simple heuristic, which takes into account structural and operational limitations, container loading sequence and compatibility of dangerous cargoes as well as certain safety parameters (stability, durability, etc.). At the second stage, the arrangement is optimized using the safety parameters using a steady-state genetic algorithm.

Developments on the subject include

- data structures for application in container vessel stowage planning software;

- interface that allows a user to graphically display a stowage plan of a container ship;

- interface that allows a user to display safety parameters of a container ship (stability, durability, etc.);

- interface that allows to input and edit containers and vessel data, as well as dangerous goods segregation provisions according to the International Maritime Dangerous Cargoes Code, and displays a notification if those are not satisfied.

Keywords: container vessels, stowage plan, dangerous goods, stowage planning software, stowage control, steady-state genetic algorithm, Boolean mathematical model, container loading sequence, safety parameters, stowage control.

УДК 681.518.5

к.т.н., с.н.с. **Жиров Г.Б.** (КНУ)
к.т.н., с.н.с. **Гахович С.В.** (ВІКНУ)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-05

ПРИСТРІЙ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕВІРЯЮЧОГО ТЕСТУ ЦИФРОВОГО ТЕЗ РЛС 19Ж6

Загальна необхідність розробки додаткового діагностичного обладнання полягає в тому, що на сьогоднішній день використовується доволі велика кількість складних технічних об'єктів, які морально але не фізично застарілі, і тому відмовитися від їх використання, на сьогодні, немає можливості. Саме до таких об'єктів належить радіолокаційна станція (РЛС) 19Ж6. Рівень діагностичного забезпечення даної радіолокаційної станції (РЛС) не відповідає вимогам, які висуваються до сучасних зразків радіоелектронних засобів озброєння (РЕЗО). На заміну 19Ж6 надійшла інша радіолокаційна станція, діагностичне забезпечення якої значно покращене. 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. Пристосовувати сучасний діагностичний комплекс, для діагностування застарілих зразків техніки можна, але в обмежених рамках фінансування, це економічно недоцільно.

Відповідно, існує задача щодо розробки сучасних засобів діагностування типових елементів заміни РЛС 19Ж6, якими можна доукомплектувати станції. В рамках загальної задачі, можна виділити ряд часткових задач. Однією з таких задач є розробка загальної методики та структурної схеми пристрою щодо визначення перевіряльного тесту для цифрових типових елементів заміни (ТЕЗ) зі складу РЛС 19Ж6. Таким чином, стаття присвячена розробці структурної схеми пристрою формування діагностичного тесту, як складової частини пристрою контролю технічного стану цифрових ТЕЗ. Структура пристрою повністю визначається методикою будови перевіряльного тесту. Результатом діагностичного тесту є прийняття рішення щодо працездатності або непрацездатності ТЕЗ. Необхідність проведення такого діагностування випливає з того, що вбудована система технічного діагностування виявляє не один непрацездатний ТЕЗ, а виявляє групу підозрюваних у непрацездатності ТЕЗ. Для відокремлення непрацездатного цифрового пристрою необхідно застосовувати додаткове обладнання.

В роботі пропонується використовується енергостатичний метод діагностування, сутність якого полягає в тому, що в якості діагностичного параметра використовується значення напруги на додатковому опорі, яка вимірюється у сталому режимі роботи. В якості метода будови перевіряльного тесту використовується метод експериментальної оцінки довжини тестової послідовності, а сама послідовність являє собою псевдовипадкову послідовність вхідних впливів.

Ключові слова: діагностичний тест, РЛС 19Ж6, енергостатичний метод діагностування. Частинний перевіряльний тест.

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. На сьогоднішній день, існує та використовується доволі велика кількість таких об'єктів, які морально застарілі, а обмежений фінансовий ресурс на розвиток, проектування та виробництво нових радіоелектронних засобів озброєння (РЕЗО), не забезпечує належні темпи їх модернізації та закупівлі.

За таких умов, відновленню 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, особливо тих, в яких використовуються застарілі зразки техніки, ресурс яких практично вичерпаний, а провести

їх заміну на сучасні зразки неможливо, необхідно покращити показники ремонтопридатності. В першу чергу це стосується зменшення середнього часу відновлення. Одним з шляхів розв'язання даної проблеми є розробка та комплектація застарілих зразків РЕЗО діагностичним забезпеченням, під яким варто розуміти комплекс взаємозалежних правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення діагностування об'єкта РЕЗО, а також треба поліпшувати загальну системи технічного обслуговування і ремонту.

До таких застарілих РЕЗО можна віднести РЛС 19Ж6, яка на сьогоднішній час, вже не випускається, але активно експлуатується. Рівень діагностичного забезпечення даної РЛС не відповідає вимогам, які висуваються до сучасних зразків РЕЗО. На заміну 19Ж6 була спроектована і на сьогоднішній час випускається інша радіолокаційна станція, діагностичне забезпечення якої значно покращене. 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 [4-6]. Пристосовувати сучасний діагностичний комплекс, для діагностування застарілих зразків техніки можна, але в обмежених рамках фінансування, це економічно недоцільно.

Постановка проблеми. Таким чином, існує задача щодо розробки сучасних і доцільних, з економічної точки зору, засобів діагностування типових елементів заміни РЛС 19Ж6, якими можна доукомплектувати станції. В рамках загальної задачі, можна виділити ряд часткових задач. Однією з таких задач є розробка загальної методики та структурної схеми пристрою щодо визначення перевіряльного тесту для цифрових ТЕЗ зі складу РЛС 19Ж6. Розроблені перевіряльні тести будуть використовуватись в комплексі з діагностичним обладнанням, з метою визначення непрацездатного ТЕЗ із сукупності ТЕЗ які підозрюються в непрацездатності.

Метою статті є створення передумов для розробки бази перевіряльних тестів для всіх типів ТЕЗ РЛС 19Ж6. База даних тестів є необхідним компонентом загального пристрою діагностування, використання якого покращить показники ремонтопридатності РЛС.

Виклад основного матеріалу дослідження. В основі будови будь якого тесту, як діагностичного так і перевіряльного, лежить метод діагностування. В роботі пропонується застосувати енергостатичний метод діагностування, сутність якого полягає в тому, що в якості діагностичного параметра використовується значення напруги на додатковому опорі, яка вимірюється у сталому режимі роботи. Додатковий опір, на принциповій схемі, необхідно розташувати в корпусній шині цифрового ТЕЗ. З даного додаткового опора знімається діагностична інформація, яка далі надходить на пристрій аналізу, я якості якого можна застосувати сигнатурний аналізатор. Таким чином, тобто опір являє собою контрольну точку. При використанні даного методу, виконується умова транспортування будь якого дефекту з виходу інтегральної схеми у визначену контрольну точку [7-8].

Методика будови перевіряючого тесту базується на методі контролю перемикань та методі активації шляхів. Розглядається клас одиночних константних несправностей, у вигляді постійного закріплення лінії (входу або виходу ІС) в стан логічного «0» або логічної «1».

Цифрові ТЕЗ РЛС 19Ж6 можна віднести до класу детермінованих автоматів, які складаються з інтегральних мікросхем, які також відносяться до класу детермінованих автоматів. В даному випадку їх вихідні реакції можуть бути описані булевими функціями або функціями переходів і виходів. Позначимо вихідні сигнали ІС, через Y(t). Дані сигнали визначаються значеннями вхідних сигналів X(t), тобто: Y(t)=F[X(t)], де F – функція виходу комбінаційного пристрою. Якщо в ТЕЗ є елементи з пам'яттю, вихідні сигнали Y(t) залежать не тільки від вхідних сигналів X(t), що надійшли в даний момент часу, але і від внутрішнього стану S(t), в якому знаходився пристрій, тобто: $Y(t) = F\left[S(t),\ X(t)\right]$.

Якщо подати на вхід цифрового ТЕЗ випадкову або псевдовипадкову послідовність імпульсів, а сигнали такої послідовності X(t) є незалежними випадковими подіями, то модель ТЕЗ стає імовірнісним автоматом [9-13].

Випадковий характер вхідних сигналів дозволяє припустити, що з імовірністю $P_{ЧПТ}(t)$, на входи усіх інтегральних схем, зі складу ТЕЗ, прийдуть такі послідовності сигналів, які

забезпечать прояв будь-якого його дефекту. Такі набори вхідних даних являють собою частковий перевіряльний тест для даної ІС.

При надходженні на ТЕЗ випадкової тестової послідовності, всі ІС починають працювати відповідно до своїх функцій, і на виходах схем також виникає випадкова вихідна реакція, у вигляді зміни вихідних логічних рівнів. При цьому, в шині живлення також виникає послідовність сигналів (відгуків), яка корелює з вихідними послідовностями виходів ІС.

Якщо вхідна послідовність, яка надходить на ІС містить ЧПТ, то сумарний відгук ІС в контрольній точці, може бути представлений у вигляді послідовності відгуків схеми на ЧПТ і на надлишкові набори. Надлишкові набори обов'язково будуть в остаточній тестовій послідовності, через те, що тест формується з псевдовипадкової послідовності, а не на основі прорахованих детермінованих тестових впливів. Цей сумарний відгук є еталонним для даної ІС і позначається $y_{\text{контр.}i\text{.ет.}}$.

В тестовій послідовності, яка подається на ТЕЗ, передбачається присутність частинних перевіряльних тестів для всіх його інтегральних схем. Це означає, що вхідна тестова послідовність повинна бути детермінованою або псевдовипадковою. Розробити детерміновану тестову послідовність для кожного ТЕЗ, це складна та дороговартісна задача. Значно простіше, в якості тестової, застосувати псевдовипадкову послідовність. Завдяки вибору досить великого періоду повторення псевдовипадкової послідовності її можна вважати випадковою в межах часу діагностування $t_д$. При наявності дефекту в ІС, вона припиняє перемикатися (константна несправність, на її виході постійно закріплюється рівень логічного „0" або логічної „1") або змінюється її перемикальна функція. Через відсутність спрацьовувань інтегральної мікросхеми, значення параметрів імпульсів в її шині живлення зміняться і не будуть співпадати з еталонною: $y_{\text{контр.}i} \neq y_{\text{контр.}i\text{ет}}$, де $y_{\text{контр.}i}$ - відгук i-ї ІС на перевіряльний тест, $y_{\text{контр.}i\text{ет}}$ - відгук працездатної i-ї ІС на перевіряльний тест.

За рахунок виконання умови транспортування, умова прояву дефекту на виходах ІС автоматично трансформується в умову прояву дефекту в контрольній точці. Завдяки цьому, будь-який дефект, який виникає в ІС, проявиться в зміні параметрів відгуку самого ТЕЗ, тобто $Y_{\text{контр.ет.}} \neq Y_{\text{контр.}}$, де $Y_{\text{контр.}}$ - відгук ТЕЗ на перевіряльний тест, $Y_{\text{контр.ет.}}$ - відгук працездатного ТЕЗ на перевіряльний тест.

Таким чином, сутність методики будови перевіряючого тесту полягає в тому, що на всі входи ТЕЗ надходять псевдовипадкові послідовності, входи всіх ІС контролюються і проводиться аналіз вхідної послідовності на наявність в ній частинного перевіряючого теста. Контроль здійснюється за допомогою додаткових апаратних, або програмно-апаратних присроїв, наприклад комірок реєстрації. При надходженні ЧПТ на всі ІС, генерація псевдовипадкової послідовності припиняється і визначається час діагностування $t_д$, або кількість тестових імпульсів. Тобто перевіряльний тест цифрового ТЕЗ, це об'єднання ЧПТ всіх інтегральних схем. Так як тестова послідовність є псевдовипадковою, тобто відтвореною, то час діагностування, або кількість імпульсів тестової послідовності, є параметром перевіряльного тесту, які повністю визначають її якісний склад.

Для прийняття рішення щодо працездатності або непрацездатності ТЕЗ, необхідно порівняти відгук ТЕЗ в контрольній точці на тестову послідовність $Y_{\text{контр.}}$ з еталонною $Y_{\text{контр.ет.}}$. Так як відгук на тест, являє собою послідовність кодованих імпульсів і дана послідовність має велику довжину, то напряму порівнювати реальний та еталонний відгуки практично неможливо. Для розв'язання цієї задачі пропоюється використовувати метод сигнатурного аналізу.

Сигнатурні аналізатори (СА) обробляють «довгі» потоки двійкової інформації, та «стискають» їх із високою достовірністю. Зазвичай сигнатура складається з чотирьох шістнадцяткових чисел. Зміст сигнатур має формальний характер, і наявність деякої сигнатури в певній точці схеми свідчить про конкретний розподіл бітів інформації в потоці даних, що реєструється протягом заданого інтервалу часу. Тобто сигнатурний аналіз ґрунтується на

перетворенні довгих послідовностей двійкових сигналів в шістнадцяткове число, яке носить назву сигнатури.

В загальному випадку, для методу сигнатурного аналізу, процентна імовірність виявлення помилки в двійковій послідовності довжини *l,* при використанні *m* розрядного регістру зсуву визначається за формулою [1, 3, 13]

$$P(\%) = 100 - \frac{100\left[H(l-m)\right]\left|2^{l-m}-1\right|}{2^{l}-1},$$

де H – крокова функція, $H(l-m) = \begin{cases} 0 \text{ при } l-m \geq 0; \\ 1 \text{ при } l-m < 0. \end{cases}$

При розрядності регістра $m = 16$ похибка завжди менше 2^{-16} незалежно від l – довжини вхідної послідовності. Це дозволяє з достовірністю $P_{\text{дса}} = 0{,}999984$ сказати, що помилка, якщо вона присутня, може бути виявлена.

Таким чином, внаслідок того, що кожен можливий дефект проявляється на виходах ІС та транспортується в контрольну точку, то імовірність правильного діагностування співпадає з імовірністю виявлення помилки сигнатурним аналізатором $P_{діагн} = P_{\text{дса}}$.

В якості генератора тестової послідовності імпульсів, пропонується використати генератор псевдовипадкових чисел, який апаратно може бути побудований з використанням регістрів зсуву та суматора по модулю «2». Так само, він може бути побудований за допомогою програмно-апаратних засобів, наприклад мікроконтролерів. Довжина псевдовипадкової послідовності визначається розрядністю регістру зсуву та математичним виразом утворюючого полінома.

В табл. 1 наведені деякі утворюючі поліноми, які визначають максимальну T – довжину псевдовипадкової послідовності залежно від m – розрядності регістру зсуву.

Таблиця 1.

Вид утворюючого полінома, для формування псевдовипадкової послідовності максимальної довжини

m	Утворюючий поліном $Q(x)$	T	m	Утворюючий поліном $Q(x)$	T
16	$x^{16}+x^5+x^3+x^2+1$	$2^{16}-1$	36	$x^{36}+x^{11}+1$	$2^{36}-1$
17	$x^{17}+x^3+1$	$2^{17}-1$	37	$x^{37}+x^{12}+x^{10}+x^2+1$	$2^{37}-1$
18	$x^{18}+x^7+1$	$2^{18}-1$	38	$x^{38}+x^6+x^5+x+1$	$2^{38}-1$
19	$x^{19}+x^6+x^5+x+1$	$2^{19}-1$	39	$x^{39}+x^4+1$	$2^{39}-1$
20	$x^{20}+x^3+1$	$2^{20}-1$	40	$x^{40}+x^{21}+x^{19}+x^2+1$	$2^{40}-1$

Так як перевіляльний тест складається із сукупності ЧПТ всіх ІС, то необхідно розробити всі часткові перевіряючі тести. Для створення таких тестів, можна скористатися методом активізації шляхів. Як приклад, наведена будова часткового перевіряючого теста для *r*-вхідного елементу І-НІ. Елемент І-НІ є базовим логічним елементом, який часто зустрічаються в ІС ТЕЗ РЛС 19Ж6, а саме: 133ЛА1, 133ЛА2, 133ЛА3, 133ЛА4. Логіка роботи елемента І-НІ залежить тільки від вхідних сигналів.

Будова ЧПТ для елемента І-НІ зводитися до послідовної подачі даних на його входи. У загальному випадку щоб перевірити r-вхідний елемент І-НІ треба подати на його входи 2^r всіх можливих комбінацій. Проте даний ЧПТ буде нераціональним через свою довжину. Його можна скоротити. Таблиця істинності (ТІ) для *r*-вхідного елементу І-НІ наведена в табл. 2. З таблиці 2, видно, що вихідна змінна приймає значення z=0 тільки тоді, коли всі вхідні змінні x_i $(i = \overline{1,r})$ приймають значення одиниці. Таким чином, для перевірки кожного з одновимірних шляхів елементу І-НІ необхідно подати на його входи вектор

$X_j = \{x_1 = 1; x_2 = 1; ...; x_i = 1; ...; x_r = 1\}$, який активізує всі його входи а потім вектор $X_{j+1} = \{x_1 = 1; x_2 = 1; ...; x_i = 0; ...; x_r = 1\}$, він здійснює перевірку *i*-го входу.

Вхід *i* буде активований, якщо змінна x_i сприяє перемиканню елемента, інші вхідні змінні ЛЕ залишаються без змін. Якщо, при зміні значення змінної на *i-му* вході, перемикання ЛЕ не відбулося, то цей вхід вважається дефектним. Аналогічно можна перевірити решту всіх входів ЛЕ. Частковий перевіряючий тест *r*-вхідного елементу І-НЕ, наведений в табл. 3. З таблиці видно, що він складається з 2*r* наборів.

Таблиця 2

Таблиця істинності для *r-вхідного* елементу І-НЕ

Вхідні змінні – x_i						Вихідна змінна – z
x_1	x_2	…	x_i	…	x_r	
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1
.	.	.	.	.	.	.
1	1	1	1	1	1	0

Таблиця 3.

Частковий перевіряльний тест r-вхідного елементу І-НІ

Перевіря-ємий вхід	Номер набору	Вид набору	Значення вхідних змінних						Стан виходу
			x_1	x_2	…	x_i	…	x_r	
1	1	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	2	Перевіряльний	0	1	1	1	1	1	1
2	3	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	4	Перевіряльний	1	0	1	1	1	1	1
.	…	.	.	.	.	.	.	.	.
i	2*i*-1	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	2*i*	Перевіряльний	1	1	1	0	1	1	1
.	…	.	.	.	.	.	.	.	.
r	2*r*-1	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	2*r*	Перевіряльний	1	1	1	1	1	0	1

Відповідно до методики будови перевіряльного тесту, необхідно визначити момент часу, коли ЧПТ надійдуть на всі інтегральні схеми. Для розв'язання даної задачі пропонується проводити аналіз надходження ЧПТ за допомогою спеціальних комірок реєстрації, які підключаються до входів всіх ІС. Підключення може бути здійснено як паралельно так і послідовно. Кожна комірка проектується під свій унікальний частинний перевіряльний тест, який залежить від логіки роботи ІС.

При надходженні ЧПТ на інтегральну схему, комірка реєстрації формує сигнал: «ЧПТ на ІС № надійшов». Генерація тестової послідовності завершується, при спрацюванні всіх комірок реєстрації. Практична реалізація комірки реєстрації можлива як в апаратному так і в програмному виді.

Підключивши таймер до ГПВЧ, та підрахувавши кількість тактових імпульсів від початку тесту до формування останнього сигналу з комірки реєстрації ЧПТ (сигнал «стоп»), можна визначити кількість імпульсів, що відповідає довжині тестової послідовності для даного виду ТЕЗ і називається $V_{ТЕЗ\ ет.}$ – еталонною довжиною тестовій послідовності. Це відповідає випадку паралельного підключення всіх комірок реєстрації до ІС. При послідовному підключенні комірок реєстрації, довжина тестової послідовності ТЕЗ визначається найдовшою тестовою послідовністю, при реєстрації ЧПТ. Еталонна довжина послідовності $V_{ТЕЗ\ ет.}$, однозначно характеризує саму тестову послідовність $X_{ТЕЗ\ ет}$. При надходженні $X_{ТЕЗ\ ет}$. На вхід перевіряємого

ТЕЗ, в контрольній точці формується еталонний відгук $Y_{ТЕЗ\ ет.}$, який поступає на сигнатурний аналізатор. На виході СА утворюється еталонна сигнатура $S_{ТЕЗ\ ет.}$, $S_{ТЕЗ\ ет.}=F(Y_{ТЕЗ\ ет.})$.

Таким чином, можна сформулювати методику будови перевіряльного тесту.

1. Визначити всі типи ІС зі складу ТЕЗ
2. Розробити ЧПТ для усіх ІС.
3. Для кожного ЧПТ розробити комірки реєстрації ЧПТ.
4. Під'єднати комірки реєстрації до своїх інтегральних схем.
5. З'єднати контрольну точку ТЕЗ з входом сигнатурного аналізатора.
6. Встановити ТЕЗ у первинний вихідний стан. Для цього подати на всі входи ТЕЗ первинні установчі впливи.
7. Подати на ТЕЗ псевдовипадкову послідовність імпульсів.
8. Після реєстрації ЧПТ для всіх інтегральних схем, генерується сигнал «стоп», який зупиняю генератор псевдовипадкових чисел. Час генерування псевдовипадкової послідовності, або число тактових імпульсів $V_{ТЕЗ\ ет.}$, однозначно визначає тест перевірки ТЕЗ даного типу $X_{ТЕЗ\ ет}$.
9. Після приходу останнього тестового впливу, на виході сигнатурного аналізатора формується значення еталонної сигнатури $S_{ТЕЗ\ ет.}$

Структурна схема пристрою експериментальної будови тестової послідовності наведена на рис.1. Схема повністю відповідає розробленій методиці, та базується на енергостатичному методі діагностування.

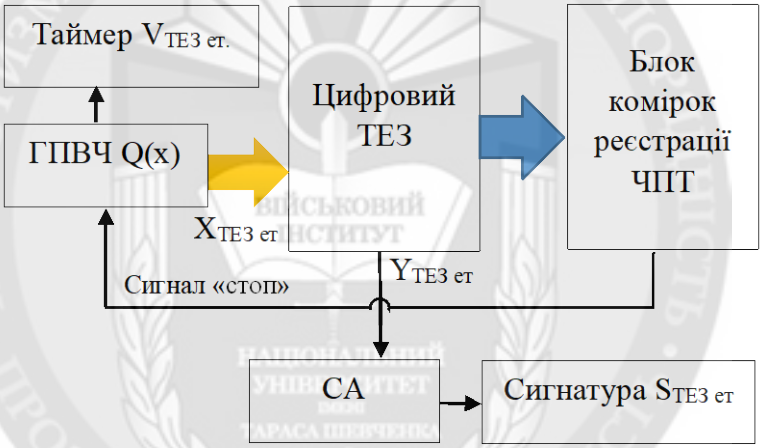


Рисунок 1. Структурна схема пристрою експериментальної будови тестової послідовності

Відповідно до розробленої методики, вихідною інформацією для перевірки цифрового ТЕЗ є: режим роботи генератора псевдовипадкових чисел (вид утворюючого полінома), первинний установчий код, час діагностування (кількість імпульсів тестової послідовності) та еталонна сигнатура $S_{ТЕЗ\ ет.}$

Висновки. В статті обґрунтовано необхідність розробки додаткового діагностичного пристрою, яким пропонується укомплектувати РЛС 19Ж6. Пристрій проводить перевірку технічного стану цифрових типових елементів заміни та поліпшує діагностичне забезпечення станції.

Необхідність проведення такого діагностування випливає з того, що вбудована система технічного діагностування виявляє не один непрацездатний ТЕЗ, а виявляє групу підозрюваних у непрацездатності ТЕЗ. Для відокремлення непрацездатного цифрового пристрою необхідно застосовувати додаткове обладнання.

Також, в роботі розроблена загальна методика будови діагностичного тесту цифрового типового елементу заміни. Методика базується на використанні енергостатичного методу діагностування, сутність якого полягає в тому, що в якості діагностичного параметра використовується значення напруги на додатковому опорі, яка вимірюється у сталому режимі роботи. Сама методика будови перевіряльного тесту використовує метод експериментальної

оцінки довжини тестової псевдовипадкової послідовності. Довжина тестової послідовності визначається часом, коли на всі інтегральні схеми ТЕЗ надійдуть їх частинні перевіряльні тести. Час надходження ЧПТ на інтегральні схеми визначається за допомогою спеціально спроектованих комірок реєстрації частинного перевіряльного тесту.

Впровадження діагностичного пристрою дозволить покращити показники ремонтопридатності радіолокаційної станції.

ЛІТЕРАТУРА

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

2. Жердєв М.К., Гахович С.В., Глухов С.І., Селюков О.В., Нікіфоров М.М. Діагностування РЕТ на основі енергодинамічного методу: методика та інформаційне забезпечення / Системи озброєння і військова техніка. 2018. Вип.№2(54). С. 23-30.

3. Балабін В.В., Гахович С.В., Лєнков О.С. Оцінки довжини псевдовипадкової тестової послідовності для діагностування цифрових пристроїв систем захисту інформації / Інформаційна безпека. Луганськ: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. 2010. Вип. № 1(3) 2010. С. 95-99.

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

5. https://interfax.com.ua/news/general/573490.html

6. https://www.lik-ate.com/about.shtml

7. Азаров О. Д., Перевозніков С. І., Біліченко Н. О., Озеранський В. С. Діагностування цифрових пристроїв. Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 74 с.

8. Василишин В.І., Женжера С.В., Чечуй О.В., Глушко А.П. Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем: навч.посібник / Х.:ХНУПС, 2018. – 268 с.

9. Guo Wenxin, Wen Fushuan, Ledwich Gerard, Liao Zhiwei, He Xiangzhen, Liang Junhui. An analytic model for fault diagnosis in power systems considering malfunctions of protective relays and circuit breakers, IEEE Transactions on Power Delivery. 2010, Volume 25, Issue 3, pp. 1393 – 1401.

10. Ren Bo, Zheng Yongkang, Wang Yongfu, Sheng Siqing, Li Jinsong, Zhang Haiyang, Zheng Chao, Dianwang Jishu. Fault Location of Secondary Equipment in Smart Substation Based on Deep Learning. Power System Technology. 2021, Volume 45, Issue 2, pp. 713 – 715.

11. Liu Haolu, Shao Jianwei, Wang Xue, Han Xuesen, Liu Xuan, Liu Shiqi. Dianwang Jishu. State Evaluation and Fault Prediction of Distribution Automation Terminal Equipment Based on Digital Twins. Power System Technology. 2022, Volume 46, Issue 4, pp. 1605 – 1635.

12. Diao Naizhe, Zhang Yingwei, Sun Xianrui, Song Chonghui, Wang Wenwen, Zhang, Haifeng. A Real-Time Open-Circuit Fault Diagnosis Method Based on Hybrid Model Flux Observer for Voltage Source Inverter Fed Sensorless Vector Controlled Drives. EEE Transactions on Power Electronics 2023, Volume 38, Issue 2, pp. 2539 – 2551.

13. Гахович С.В. Оцінка достовірності контролю при структурному діагностуванні цифрових типових елементів заміни / Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ. 2010. Вип. №26. С. 16-21.

REFERENCES:

1.Vyshnivskyi V.V., Zherdiev M.K., Lienkov S.V., Protsenko V.A.; pid red. Zherdieva M.K., Lienkova S.V. (2009), “Diahnostuvannia analohovykh i tsyfrovykh prystroiv radioelektronnoi tekhniky”[Diagnostics of analog and digital devices of radio electronic equipment], K.,TOV Kompaniia LIK, 224 p.

2. Zherdєv M.K., Gahovich S.V., Gluhov S.I., Seljukov O.V., Nikiforov M.M. (2018), “Diagnostuvannja RET na osnovi energodinamichnogo metodu: metodika ta informacijne zabezpechennja” [Diagnostics of RET based on the energy-dynamic method: methodology and information support], Sistemi ozbroєnnja i vijs’kova tehnika. №2(54). Pp. 23-30.

3. Balabin V.V., Gahovich S.V., Lєnkov O.S. (2010), Ocinki dovzhini psevdovipadkovoї testovoї poslidovnosti dlja diagnostuvannja cifrovih pristroїv sistem zahistu informacії [Estimates of the length of a pseudorandom test sequence for diagnosing digital devices of information security systems], Informacijna bezpeka. Lugans’k: Shidnoukraïns’kij nacional’nij universitet imeni Volodimira Dalja. № 1(3). Pp. 95-99.

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

5. https://interfax.com.ua/news/general/573490.html

6. https://www.lik-ate.com/about.shtml

7. Azarov O. D., Perevoznikov S. I., Bilichenko N. O., Ozerans'kij V. S. (2009), Diagnostuvannja cifrovih pristroïv. Navchal'nij posibnik. [Diagnosing digital devices. Study guide.]. Vinnicja: UNIVERSUM-Vinnicja, 74 p.

8. Vasilishin V.I., Zhenzhera S.V., Chechuj O.V., Glushko A.P. (2018), Osnovi teorii nadijnosti ta ekspluataciï radioelektronnih sistem: navch.posibnik [Fundamentals of the theory of reliability and operation of radio electronic systems: a textbook], H.:HNUPS, 268 p.

9. Guo Wenxin, Wen Fushuan, Ledwich Gerard, Liao Zhiwei, He Xiangzhen, Liang Junhui. (2010), An analytic model for fault diagnosis in power systems considering malfunctions of protective relays and circuit breakers, IEEE Transactions on Power Delivery., Volume 25, Issue 3, pp. 1393 – 1401.

10. Ren Bo, Zheng Yongkang, Wang Yongfu, Sheng Siqing, Li Jinsong, Zhang Haiyang, Zheng Chao, Dianwang Jishu. (2021), Fault Location of Secondary Equipment in Smart Substation Based on Deep Learning. Power System Technology., Volume 45, Issue 2, pp. 713 – 725.

11. Liu Haolu, Shao Jianwei, Wang Xue, Han Xuesen, Liu Xuan, Liu Shiqi. (2022), Dianwang Jishu. State Evaluation and Fault Prediction of Distribution Automation Terminal Equipment Based on Digital Twins. Power System Technology, Volume 46, Issue 4, pp. 1605 – 1635.

12. Diao Naizhe, Zhang Yingwei, Sun Xianrui, Song Chonghui, Wang Wenwen, Zhang, Haifeng. (2023), A Real-Time Open-Circuit Fault Diagnosis Method Based on Hybrid Model Flux Observer for Voltage Source Inverter Fed Sensorless Vector Controlled Drives. EEE Transactions on Power Electronics, Volume 38, Issue 2, pp. 2539 – 2551.

13. Gahovich S.V. (2010), Ocinka dostovirnosti kontrolju pri strukturnomu diagnostuvanni cifrovih tipovih elementiv zamini [Evaluation of control reliability in structural diagnostics of digital standard replacement elements], Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovogo institutu Kiïvs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. K.: VIKNU., №26, pp. 16-21.

PhD Zhyrov G.B., PhD Gakhovych S.V.

DEVICE OF THE STRUCTURE OF THE CHECKING TEST OF THE DIGITAL THESIS RLS 19G6

The general need to develop additional diagnostic equipment is that a fairly large number of complex technical objects are currently in use, which are morally but not physically obsolete, and therefore it is not possible to abandon their use today. Radar 19Ж6 belongs to such objects. The level of diagnostic support for this radar does not meet the requirements for modern models of radio electronic weapons (REW). The 19Ж6 was replaced by another radar with significantly improved diagnostic support. An automated diagnostic complex of the Diana series is used to diagnose and repair modern radar systems of domestic production. This complex is designed to diagnose and restore complex digital and digital-to-analog standard replacement elements. It is possible to adapt a modern diagnostic complex to diagnose outdated equipment, but within the limited funding, it is economically impractical. Accordingly, there is a task to develop modern means of diagnosing typical replacement elements of the 19Ж6 radar, which can be used to equip stations. Within the framework of the overall task, a number of partial tasks can be identified. One of these tasks is the development of a general methodology and a structural diagram of the device for determining the verification test for digital standard replacement elements (SRE) from the 19Ж6 radar. Thus, the article is devoted to the development of a block diagram of the device for forming a diagnostic test as a component of the device for monitoring the technical condition of digital SRE. The structure of the device is completely determined by the methodology of the test structure. The result of the diagnostic test is a decision on the operability or inoperability of the SRE. The need for such diagnostics stems from the fact that the built-in technical diagnostic system does not detect a single inoperable TES, but detects a group of suspected inoperable SRE. To separate the inoperable digital device, it is necessary to use additional equipment. The paper proposes to use an energy-static diagnostic method, the essence of which is that the value of the voltage on an additional resistance, which is measured in a steady-state operation mode, is used as a diagnostic parameter.

The method of designing the verification test is the method of experimental evaluation of the length of the test sequence, and the sequence itself is a pseudo-random sequence of input influences.

Keywords: diagnostic test, 19Ж6 radar, energy-static diagnostic method, partial verification test.

УДК 358:623.3

д.т.н., проф. **Корольов В.М.** (НАСВ, Львів)
к.т.н., с.н.с. **Кривцун В.І.** (НАСВ, Львів)
Агеєв О.В. (НАСВ, м. Львів)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-06

ФОРМАЛІЗОВАНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ ЗАКИДАННЯ ЕЛЕМЕНТУ, ЩО ТРАЛИТЬ НАТЯЖНІ ДАТЧИКИ ЦІЛІ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

В наслідок агресії російської федерації в 2014 року, а також широкомасштабного вторгнення в лютому 2022 року Україна опинилася найбільш забрудненою вибухонебезпечними предметами країною світу. Актуальність питання розвідки та розмінування місцевості від вибухобезпечних предметів як під час виконання ведення бойових дій так і при відсутності їх збільшилось в рази. Досвід війни показує, що противник незважаючи на міжнародні конвенції щодо заборони певних видів мінної зброї, застосовує весь свій наявний арсенал мін та саморобні вибухові пристрої, які часто встановлюються на невилучаємість. Найбільш поширеними та небезпечними в ході війни стали ВНП з натяжними датчиками цілі (на розтяжках). Через моральну та фізичну застарілість засобів розвідки та розмінування в підрозділах ЗС та ДСНС України ручний спосіб розвідки та розмінування є основним, що становить велику небезпеку саперам. Для зменшення ризику особового складу груп розмінування та піротехнічних підрозділів запропоновано застосування механічного засобу тралення ВНП з натяжними датчиками цілі.

На основі аналізу існуючих підходів щодо моделювання процесів розмінування, зокрема використання засобів для тралення натяжних датчиків цілі вибухонебезпечних предметів, запропонована формалізований опис закидання елементу, що тралить натяжні датчики цілі, який, на відміну від існуючих, враховує приріст питомої маси засобу для тралення (комбінація елементу, що тралить, і тросу) під час польоту. Одним із найбільш складних питань під час моделювання є визначення залежності параметрів польоту елементу, що тралить, від динаміки приросту маси тросу (шнура). Кінематичними параметрами елементу, що тралить, які досліджуються, є: кут вильоту, дальність, висота, час, швидкість польоту. Запропоновані удосконалення математичної моделі та послідовності проведення розрахунків дозволять підвищити точність результатів моделювання процесу тралення натяжних датчиків цілі вибухонебезпечних предметів під час обґрунтування вимог до засобів розмінування даного типу.

Ключові слова: модель польоту; вибухонебезпечний предмет; натяжний датчик цілі; тралення; елемент, що тралить; комплекти розвідки та розмінування місцевості.

Вступ. В умовах ведення сучасних збройних конфліктів, війська (сили), як ніколи раніше, стали залежними від наявності вибухонебезпечних предметів (ВНП). Досвід ведення бойових дій в останніх конфліктах та війнах свідчить про те, що для досягнення переваги над противником, а також всебічного забезпечення своїх підрозділів, існує необхідність в пересуванні значної кількості військової техніки і особового складу. При наявності ВНП відбувається ускладнення їх пересування та виконання бойових завдань. Застосування мінної зброї через свою відносну дешевизну набула великих масштабів. Ці положення черговий раз підтвердились з розпочатою у 2014 році війни рф проти України і набули найбільшої актуальності з початком широкомасштабного вторгнення противника у лютому 2022 року. Враховуючи, що темпи розвитку мінної зброї значно перевищують темпи розвитку протимінних засобів, зростає невідповідність між потребою Збройних Сил України у засобах розвідки та розмінування місцевості і їх недостатньою наявністю та невідповідністю сучасним вимогам.

Незважаючи на заборону використання певних видів мінної зброї рядом міжнародних конвенцій війська країни-агресора російської федерації все частіше використовують заборонені ВНП, як промислового виготовлення, так і саморобні вибухові пристрої. Найбільш поширених набули ВНП з натяжними датчиками цілі, які вкрай важко виявити та є найбільш небезпечними через велику відстань дії датчика цілі. Необхідно зауважити, що крім виконання бойових завдань з розвідки місцевості на наявність ВНП, прокладання проходів та розмінування,

постане не менш актуальне питання проведення суцільного розмінування звільненої місцевості. На сьогоднішній день через війну рф проти України, за інформацією офіційних джерел, Україна стала найбільш забрудненою ВНП країною світу, в якій необхідно проводити розмінування на третині території [1,2]. За найоптимістичнішими прогнозами, зазначають фахівці, на очищення усіх забруднених ВНП українських земель знадобиться не менше 10 років.

Постановка проблеми. Виконання завдань з розвідки місцевості на наявність ВНП, прорублення проходів в мінних полях, суцільного розмінування під час ведення бойових дій покладено на інженерні підрозділи ЗС України, за відсутності впливу противника задання з очищення місцевості від ВНП в основному виконують піротехнічні підрозділи ДСНС України.

Підрозділи розвідки та розмінування інженерних військ ЗС України та піротехнічні підрозділи ДСНС мають на своєму оснащенні як механізовані (коткові та колійні мінні трали, установки розмінування), так і ручні засоби ведення розвідки на наявність вибухонебезпечних предметів, прорублення проходів в мінних полях та розмінування. Проте, зазначені засоби фізично та морально застарілі, не виробляються в Україні. Як наслідок, на сьогоднішній день ручний спосіб розвідки та розмінування, який є вкрай небезпечним для особового складу, залишається основним. Необхідно зауважити, що в світі не існує жодного технічного засоби, який би з 100% гарантією виконував завдання з розмінування, що також є підставою того, що людина на мінному полі буде виконувати завдання ще досить тривалий час. Тому ефективність та безпека виконання зазначених вище завдань буде залежати в першу чергу від професійної складової особового складу та його технічного оснащення.

На сьогоднішній день інженерно-саперні підрозділи ЗС України та піротехнічні групи ДСНС оснащені застарілими комплектами розвідки та розмінування КР-И, КР-Е, ВКР-1, ВКР-2. Обов'язковим елементом виконання завдань з розвідки та розмінування є перевірка місцевості на наявність ВНП з натяжними датчиками цілі. Виконання цього завдання відбувається вручну шляхом закидання елементу, що тралить («кішки») та його підтягування. Досвід виконання такого завдання показує, що закидання вручну в середньому відбувається на відстань до 20 м, а зусилля для підтягування досить значне і виконувати його треба лежачи. Враховуючи те, що відстані гарантованого ураження протипіхотних мін складають для МОН-50, 90, 100, 200 відповідно 50, 90, 100, 200 м, для ПОМ-3 та ОЗМ-72 25 м, гранати Ф-1 200 м небезпека для саперів дуже велика [3-6] .

Вирішення зазначеного проблемного питання стає можливим за рахунок розробки механізованих засобів розвідки та розмінування місцевості з елементом, що тралить натяжні датчики цілі (ТЕ) та обґрунтування його параметрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз джерел [7-10] у яких започатковано вирішення даного питання свідчить, що дослідженню процесу тралення ВНП з натяжними датчиками цілі приділена увага не в повному обсязі. В зазначених роботах в основному піднято та розглянуто часткові наукові задачі.

В роботі [7] наведено теоретичне обґрунтування складу комплекту технічних засобів інженерної розвідки руху військ (сил) на підставі аналізу дій підрозділів ЗСУ в АТО/ООС.

В [8] розглянута задача визначення параметрів польоту тіла кинутого під кутом до горизонту, яка може бути покладена в основу балістичної моделі тралення ВП з натяжним датчиком цілі. В [9] при закиданні ТЕ враховуються тільки маса ТЕ, не враховуючи опору тросу (фалу). В статті [10] аналітична модель польоту ТЕ описана в полі паралельних сил, а дією із боку елементів тросу (фалу) тралення знехтовано, сили, що діють із боку елементів тралення можуть бути значними, що знижує адекватність моделі, що запропонована.

Таким чином, питання формалізованого обґрунтування процесу закидання елементу, що тралить натяжні датчики цілі ВНП, залишається актуальним і вимагає проведення подальших досліджень.

Мета статті є формалізований опис процесу закидання елементу, що тралить натяжні датчики цілі ВНП для визначення основного параметру засобу тралення ВНП – дальності закидання.

Виклад основного матеріалу. Комплекти розвідки та розмінування місцевості

призначені для оснащення підрозділів, що виконують завдання з розвідки та розмінування місцевості, екіпажів військової техніки для виконання завдань з забезпечення безпечного пересування особового складу та техніки по маршрутам висування військ, їх розміщення на місцевості, забезпечення виходу з замінованих ділянок спеціальної та транспортної техніки, для прокладання проходів в дистанційно встановлюваних мінних полях, позначення ВНП на місцевості їх зняття з місця та знешкодження.

Для якісного та безпечного виконання завдань з розмінування, комплект розвідки та розмінування місцевості повинен включати в себе такі засоби, як:

засоби розвідки ВНП (засоби, що тралять натяжні датчики цілі, щупи саперні, міношукачі, бомбошукачі, оптичні засоби розвідки, далекоміри, дистанційно-керовані (роботизовані) засоби);

засоби розмінування (засоби підриву, пристрої і приладдя перевірки та здійснення підриву, комплекти розмінування, дистанційно-керовані (роботизовані) засоби);

засоби долання ВНП встановлених дистанційно (переносні заряди пророоблення проходів (розмінування) вибуховим способом, сачки, контейнери з довгими ручками);

засоби позначення ВНП (маркери позначення небезпечної зони на стойці, маркери позначення місцевості фарбові, маркери (фломастери) позначення предметів, кіперні ленти для позначення ділянок);

засоби захисту особового складу (захисні костюми сапера, бронежилети, захисні бронешоломи відповідного рівня захисту з захисним екраном, окуляри, засоби індивідуального захисту);

засоби протидії ВНП встановлених на дистанційне керування (системи радіоелектронного придушення від дистанційно керованих ВНП).

При проведенні розмінування місцевості, одним із найбільш ефективних способів знищення ВНП з натяжними датчиками цілі залишається їх тралення, яке на сьогоднішній день, як зазначалось вище, здійснюється вручну закиданням на заміновану ділянку місцевості елементу, що тралить (ТЕ), із подальшим його підтягуванням за допомогою шнуру [4,5].

При цьому особовий склад, який проводить розмінування місцевості від ВНП з натяжними датчиками цілі прагнуть досягти якомога більшої дальності закидання.

Для підвищення ефективності розвідки та ініціації спрацювання ВНП з натяжними датчиками цілі пропонується впровадження в комплекти розвідки та розмінування, як варіант, механічного засобу тралення, основними елементами якого є: корпус, механізм відстрілу елементу, що тралить; елемент, що тралить; трос та лебідка для його натягування. Фото засобу наведено на рис.1.

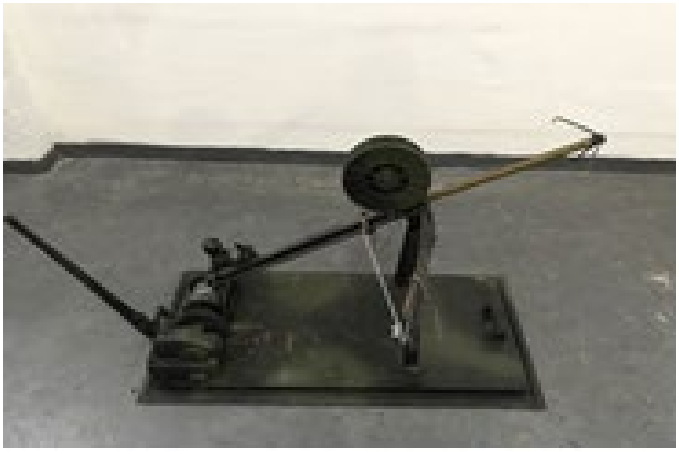


Рисунок 1. Зразок механічного засобу тралення ВНП з натяжними датчиками цілі

Під дією пружного елементу надається ТЕ початкову швидкість V_0 під кутом L до горизонту, що забезпечує значно більшу дальність закидання, бо від цього залежить як розмір площі розвідувальної ділянки, так і безпека особового складу при проведенні тралення місцевості.

Відомо, що при закиданні тіла під кут $\alpha_0 = \frac{\pi}{4}$ досягається найбільша дальність польоту [11,12]. Але це твердження справедливо для паралельного полю сил, без врахування опору, який обумовлюється різноманітними чинниками. У нашому випадку на ТЕ постійно діє сила з боку засобу тралення через трос. Слід взяти до уваги, що сили натягу троса є постійною величиною, але зі змінним кутом її напряму. Це потребує модифікації рівнянь руху тіла по траєкторії з врахуванням фактору, що згаданий.

Для нашої моделі руху ТЕ приймаємо наступні припущення. Оскільки швидкість кидання та протяжність траєкторії невеликі, ми знехтуємо врахуванням опору повітря.

Сила натягу постійна за величиною, що забезпечується конструкцією ЗТ. Кут β напряму сили є змінним і співпадає за напрямом з прямою, що проходить через точку кидання та ТЕ (рис.2).

Таким чином цей, кут β змінюється в межах від $\frac{\pi}{4}$ до 0. Приймаємо, що початок координат співпадає з точкою кидання.

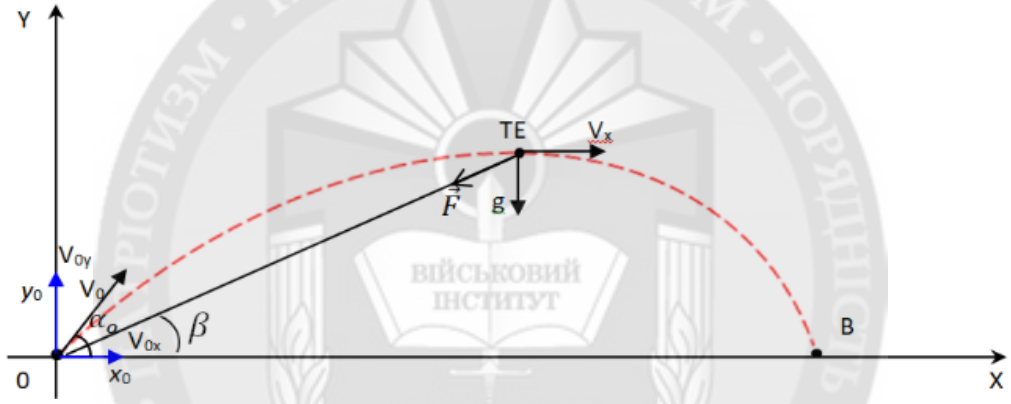


Рисунок 2. Модель траєкторії руху елементу, що тралить, кинутого під кутом

де F - сила, що діє на ТЕ збоку засобу для тралення;

V_0 – величина початкової швидкості кидання;

α_0 – величина початкового кута кидання;

β- кут між прямою, що з'єднує точку кидання з ТЕ.

Складемо систему диференціальних рівнянь руху ТЕ по вздовж координатних осей

$$\begin{cases} \ddot{y} = -\left(g + \frac{F}{m} \cdot \sin\beta(t) \right) \\ \ddot{x} = -\left(\frac{F}{m} \cdot \cos\beta(t) \right) \end{cases}, \quad (1)$$

де m – маса ТЕ;

t – час польоту ТЕ.

Для врахування маси тросу, що змінюється, візьмемо до уваги декілька факторів. Його довжина (дальність закидання) не перевищує 50-80 м. Це обумовлюється, як показує практика, труднощами тралення для більших відстаней. З іншого боку вона не може бути менша за 25-30 м, що вимагають умови безпеки особового складу в процесі закидання (тралення).

Якщо позначити ρ повздовжню щільність фалу, L_T – типову довжину розмотки фалу, то m_T – типова маса фалу є $m_T = \rho L_T$. Тоді для врахування змінної маси фалу, що розмотується

приймемо її середнє значення, а саме $m_T/2$. Таким чином в співвідношенні (1) масу тіла, що закидають слід збільшити на $0{,}5m_T$.

Для зменшення подальших викладок позначимо $\Theta = \dfrac{F}{m + 0.5m_T}$

Тоді вираз (1) набуває наступного вигляду

$$\begin{cases} \ddot{y} = -\left(g + \Theta \cdot \sin \beta(t)\right) \\ \ddot{x} = -\left(\Theta \cdot \cos \beta(t)\right) \end{cases}, \tag{1}$$

Значення поточного кута $\beta(t)$визначено з наступного виразу

$$\beta(t) = arctg \frac{y(t)}{x(t)}.$$

При підстановці $\beta(t)$у(1а) маємо

$$\begin{cases} \ddot{y} = -g + \Theta \cdot \sin\left[arctg \dfrac{y(t)}{x(t)} \right] \\ \ddot{x} = -\Theta \cdot \cos\left[arctg \dfrac{y(t)}{x(t)} \right] \end{cases},$$

що значно ускладнює її інтегрування.

Візьмемо до уваги той факт, що кут $\beta(t)$ змінюється в інтервалі $0 \le \beta(t) \langle \dfrac{\pi}{4}$ це означає, що $cos\beta(t)$ змінюється досить повільно, а $\sin \beta(t)$ майже лінійно. Це дозволяє із незначною втратою точності замінити їх відповідними середніми значеннями.

Для врахування впливу кута, напряму сили з боку троса застосуємо метод усереднення. Величину S_n – оцінку усередненого значення $sin\beta$ отримаємо зі співвідношення

$$S_n \frac{\pi}{4} = \int_0^{\pi/4} \sin \beta d\beta. \tag{2}$$

Після відповідних перетворень маємо S_n=*0,37.*
Аналогічний підхід застосовуємо до визначення C_n – що є усередненим значенням $cos\beta$.

$$C_n \frac{\pi}{4} = \int_0^{\pi/4} \cos \beta d\beta, \tag{3}$$

Після перетворення маємо C_n=*0,898.*

Тоді остання система (1) буде мати вигляд

$$\begin{cases} \ddot{y} = g + \Theta \cdot S_n \\ \ddot{x} = \Theta \cdot S_n \end{cases}. \tag{4}$$

Проінтегруємо двічі перше рівняння (4) з врахуванням $V_{o_y} = V_0 \, sin\alpha_0$, та $y_0 = 0$
Тоді отримаємо

$$y(t) = -\frac{(g + \Theta S_n)t^2}{2} + V_0 \sin \alpha_0 t. \tag{5}$$

Після того, як ми проінтегруємо двічі, для початкових умов $V_{o_x} = V_0 \, cos\alpha_0$ та $x_0 = 0$ друге рівняння (4), отримаємо

$$x(t) = -\frac{\Theta C_n}{2} t^2 + V_0 \cos\alpha_0 t. \quad (6)$$

Зі співвідношення (5) $-\frac{(g+\Theta S_n)t^2}{2} + V_0 \sin\alpha_0 t = 0$ отримуємо $t_{\text{п}}$, час польоту, коли ТЕ, який кинули, досяг точки приземлення, а саме

$$t_n = \frac{2V_0 S_n \alpha_0}{g + \Theta S_n}. \quad (7)$$

Підставимо $t_{\text{п}}$у співвідношення (6), отримаємо величину L – дальність польоту ТЕ

$$L = -\frac{2\Theta C_n V_0^2 \sin^2\alpha_0}{(g+\Theta S_n)^2} + \frac{V_0^2 \sin 2\alpha_0}{g + \Theta S_n}. \quad (8)$$

Співвідношення (8) дає можливість оцінити один з важливих параметрів – дальність закидання. Дальність закидання ТЕ, як вже відмічалося вище, характеризує: ступінь безпеки особового складу при здійсненні тралення, величину зони розвідки та розмінування. Якщо відомі усі інші характеристики, а саме початкова швидкість, кут кидання, маса ТЕ, сила, що діє із боку троса, L можна розглядати як функцію багатьох змінних, а саме $L = L(V_0, \alpha_0, m, T)$, аргументи якої є характеристиками ТЕ.

В подальшому передбачається провести дослідження впливу умов до змін аргументів для реалізації досягнення максимальної довжини закидання елементу, що тралить ВНП з натяжними датчиками цілі.

Висновки. Таким чином, можна зазначити, що основним способом виконання завдань з розвідки місцевості на наявність ВНП та розмінування є ручний, який вкрай небезпечний для особового складу груп розмінування ЗС та піротехнічних груп ДСНС. Виконання завдань з розвідки та знищення ВНП з натяжними датчиками цілі пропонується здійснювати за допомогою механічного засобу, основними елементами якого є: корпус, механізм відстрілу елементу, що тралить; елемент, що тралить; трос та лебідка для його натягування. Для дослідження процесу закидання елементу, що тралить в роботі отримано математичну модель його польоту у полі сил тяжіння та сил, що діють з боку засобу, яка на відміну від існуючих враховує зміну маси тросу в процесі його витягування та дозволяє оцінити один з важливих параметрів – дальність закидання в залежності від кута закидання елементу, що тралить.

ЛІТЕРАТУРА:

1. В Україні вибухівкою забруднено територію, розміром з чотири Швейцарії. URL: https://suspilne.media/335002-v-ukraini-vibuhivkou-zabrudneno-teritoriu-rozmirom-z-cotiri-svejcarii/.(дата звернення: 17.03.2023).

2. Україна є найбільш замінованою країною у світі – Sky News. https://www.unian.ua/war/ukrajina-ye-naybilsh-zaminovanoyu-krajinoyu-u-sviti-sky-news-12126051.html.

3. Наказ Генерального штабу ЗС України від 04.01.2017 № 2 “Про затвердження Керівництва із застосування інженерних боєприпасів підрозділами ЗС України”.

4. Наказ командувача Сил підтримки Збройних України від 12.10.2020 №67 «Про затвердження Настанови з подолання (маркування) інженерних загороджень».

5. Наказ Генерального штабу ЗС України від 19.10.2016 № 390 “Про затвердження Керівництва з подолання інженерних загороджень підрозділами Збройних Сил України”.

6. Горбулін В.П. Світова глобальна проблема розмінування: український вектор. Вісник Національної академії наук України. 2022. №2. С.3-13.

7. Фтемов Ю. О. Обґрунтування складу комплекту технічних засобів інженерної розвідки шляхів руху військ (сил). Системи озброєння і військова техніка. 2021. № 3. С. 45–51.

8. Ментус І. Є. Ефективність інженерних боєприпасів : Навч. Посіб. Кам'янець-Подільський : ФВП ПДАТУ, 2008. 80 с.

9. Шишанов М. О., Коцюруба В. І. Балістична модель тралення вибухових пристроїв з натяжним датчиком цілі. Науковий журнал. 2016. № 2. С. 95–98.

10. Krivtsun, V., Aheyev, O., & Bondarenko , O. (2021). Mathematical model of flight of an element that drains tension sensors of entire explosion hazardous objects. Journal of Scientific Papers ‘‘Social Development and Security’’, 11(6), 118-126.

11. Кошкин Н. І., Шишкевич М. Г. Справочник по элементарной физике : підручник. Москва : Наука, 1976. 256 с.

12. Кузьо І. В., Ванькович Т. М., Зінько Я. А. Теоретична механіка. Статика. Кінематика : Навч. Посіб. Львів : Вид-во «Растр-7», 2010. 324 с.

REFERENCES:

1. V Ukraini vybukhivkoiu zabrudneno terytoriiu, rozmirom z chotyry Shveitsarii. URL: https://suspilne.media/335002-v-ukraini-vibuhivkou-zabrudneno-teritoriu-rozmirom-z-cotiri-svejcarii/. (data zvernennia: 17.03.2023).

2. Ukraina ye naibilsh zaminovanoiu krainoiu u sviti – Sky News. https://www.unian.ua/war/ukrajina-ye-naybilsh-zaminovanoyu-krajinoyu-u-sviti-sky-news-12126051.html (data zvernennia: 21.03.2023).

3. Nakaz Heneralnoho shtabu ZS Ukrainy vid 04.01.2017 № 2 “ Pro zatverdzhennia Kerivnytstva iz zastosuvannia inzhenernykh boieprypasiv pidrozdilamy ZS Ukrainy”.

4. Nakaz komanduvacha Syl pidtrymky Zbroinykh Ukrainy vid 12.10.2020 № 67 «Pro zatverdzhennia Nastanovy z podolannia (markuvannia) inzhenernykh zahorodzhen».

5. Nakaz Heneralnoho shtabu ZS Ukrainy vid 19.10.2016 № 390 “Pro zatverdzhennia Kerivnytstva z podolannia inzhenernykh zahorodzhen pidrozdilamy Zbroinykh Syl Ukrainy”.

6. Horbulin V.P. Svitova hlobalna problema rozminuvannia: ukrainskyi vektor. Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy. 2022. №2. S.3-13.

7. Ftemov Yu. O. Obgruntuvannia skladu komplektu tekhnichnykh zasobiv inzhenernoi rozvidky shliakhiv rukhu viisk (syl). Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. 2021. № 3. S. 45–51.

8. Mentus I. Ye. Efektyvnist inzhenernykh boieprypasiv : Navch. Posib. Kamianets-Podilskyi : FVP PDATU, 2008. 80 s.

9. Shyshanov M. O., Kotsiuruba V. I. Balistychna model tralennia vybukhovykh prystroiv z natiazhnym datchykom tsili. Naukovyi zhurnal. 2016. № 2. S. 95–98.

10. Krivtsun, V., Aheyev, O., & Bondarenko , O. (2021). Mathematical model of flight of an element that drains tension sensors of entire explosion hazardous objects. Journal of Scientific Papers ‘‘Social Development and Security’’, 11(6), 118-126.

11. Koshkyn N. I., Shyshkevych M. H. Spravochnyk po elementarnoi fyzyke : pidruchnyk. Moskva: Nauka, 1976. 256 s.

12. Kuzo I. V., Vankovych T. M., Zinko Ya. A. Teoretychna mekhanika. Statyka. Kinematyka : Navch. Posib. Lviv : Vyd-vo «Rastr-7», 2010. 324 s.

D.Sci. prof. Korolev V.M., Ph.D. Kryvtsun V.I., Aheyev O.V.

A FORMALIZED DESCRIPTION OF THE PROCESS OF THROWING AN ELEMENT THAT TRAPS TENSION SENSORS OF AN EXPLOSIVE ORDNANCE TARGET

As a result of the aggression of the Russian Federation in 2014, as well as the large-scale invasion in February 2022, Ukraine became the most explosive contaminated country in the world. The relevance of the issue of reconnaissance and demining of the area from explosive devices both during and in the absence of combat operations has increased many times over. The experience of war shows that the enemy, despite international conventions banning certain types of mine weapons, uses its entire arsenal of mines and improvised explosive devices, which are often set to be unremovable. The most widespread and dangerous

IEDs during the war were those with tensioned target sensors (tripwires).Due to the moral and physical obsolescence of reconnaissance and demining equipment in the units of the Armed Forces and the SES of Ukraine, manual reconnaissance and demining is the main method of reconnaissance and demining, which poses a great danger to sappers. To reduce the risk to the personnel of demining groups and pyrotechnic units, it is proposed to use a mechanical means of trawling for UXOs with tension target sensors.

Based on the analysis of existing approaches to modeling demining processes, in particular the use of means for trawling tension sensors of explosive objects, a formalized description of the throwing of the element that trawls the tension sensors of the target is proposed, which, unlike the existing ones, takes into account the increase in the specific mass of the trawling means (a combination of the trawling element and the cable) during the flight. One of the most difficult issues in modeling is to determine the dependence of the flight parameters of the trawling element on the dynamics of the mass gain of the cable (cord). The kinematic parameters of the trawling element under study are: angle of departure, range, height, time, and flight speed. The proposed improvements to the mathematical model and the sequence of calculations will improve the accuracy of the results of modeling the process of trawling the tension sensors of an explosive target when substantiating the requirements for this type of demining equipment.

Keywords: flight model; explosive object; tension target sensor; tracing; trailing element; reconnaissance and demining kits.

УДК 355.401

к.т.н., доц. **Маміч В.В**. (ВА м. Одеса)
к.т.н., **Максименко Ю.А.**(ВА м. Одеса)
д.н. з держ. упр., проф. **Попов С.А.** (ВА м. Одеса)
Солодєєва Л.В. (ВІКНУ)
Шаршаткін Д.Ю. (ВА м. Одеса)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-07

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ ГІБРИДНИХ ВІЙН

Важливим питанням сьогодення стало всебічне дослідження особливостей розвитку та проведення сучасних гібридних воїн. Робота присвячена актуальній темі сучасної військової науки - гібридним війнам. На основі аналізу різних видів війн визначається гібридна війна, як війна з комплексним характером, із широким набором різноманітних способів дій, що включають жорстке протиборство дипломатів, інформаційну війну, ідеологічну боротьбу, застосування економічного та політичного тиску на противника, виняткову активність спецслужб і власне військові дії. У теоретичних працях військових фахівців, експертів, аналітиків, науковців в останні роки тема гібридних воєн, гібридних загроз захоплює все більше й більше простір наукової дискусії. Водночас палітра визначень, опису ознак на прикладах військових конфліктів і війн сучасності настільки строката, що розмивається розуміння самої суті і змісту. Військова думка розвивається, але не повинно бути місця підміні понять і плутанини категорій. Війна, якщо її розглядати з погляду історичного розвитку, ускладняється, ведеться у все більш широкому спектрі дій — традиційних і незвичайних, прямих і непрямих (нелінійних), бойових і «невійськових», стає все більш комплексною та інтегральною, а також – високотехнологічною, інформаційною, регулярною й іррегулярною. Асиметричні війни, альтернативні війни, нетрадиційні війни, гібридні війни та інші визначення вводяться в науково-теоретичний обіг. Які б не давали визначення, незмінним залишається, то, що це війна. Війна армій, війна народів і війна різних угруповань, що борються за владу, існування, вплив, ресурси, території тощо. Отже, сутність і зміст необхідно визначати як категорії війни, але війни, що відрізняється своїми реальними рисами. Військова доктрина України розглядає війни як конфлікти залежно від інтенсивності й потенціалу конфронтуючих держав чи групи держав.

Ключові слова: Гібридна війна, гібридна операція, політичні та військові цілі, стратегічні цілі, інформаційна війна, дипломатичне протиборство, економічний тиск,національна безпека, війна інтелекту.

Постановка проблеми. На думку провідних вчених в останні роки гібридні війни велися в Іраку, Афганістані, Лівії, Сирії, Грузії, в Україні. У цій роботі об’єктом дослідження є гібридна війна, її сутнісні риси, предметом – гібридні загрози. Наукові результати у формі висновків викладаються на аналізі воєнно-наукової літератури останніх років. Сутність гібридної війни полягає в тому, що це війна комплексна, із широким набором способів дій різних аспектів, що включає жорстке протиборство дипломатів, інформаційну війну, ідеологічну боротьбу, застосування економічного та політичного тиску на противника, виняткову активність спецслужб і власне військові дії.

Зміст гібридної війни становлять неоголошені, таємні військові дії, під час яких воююча сторона атакує державні структури або регулярну армію супротивника з допомогою місцевих бунтівників і сепаратистів, підтримуваних зброєю і фінансами з-за кордону й деякими внутрішніми структурами (олігархами, організованою злочинністю, націоналістичними і псевдорелігійними організаціями). Сучасні гібридні війни показують,що боротьба ведеться не тільки матеріальними ресурсами, а й, перед усім, та переважно інтелектуальними в різноманітних сферах: економічній, політичній, ідеологічній, фінансовій, соціальній і, в майже останню чергу, у військовій. З досвіду ведення бойових дій на сході України відомо, що основою боротьби, її інструментом та ціллю є гібридна війна сутність якої полягає в тому, що це війна комплексна, із широким набором способів дій різних аспектів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ще в середині минулого, XX століття деякі з політиків, істориків та економістів висловлювали думку про те, що війни майбутнього – це будуть передусім «війни економічні». Мається на увазі, що основною метою воєнних протистоянь будь-якого типу й форми повинні стати здобуття, захист або посилення власної економічної могутності. Так, дослідники Рущенко І. П. Російсько-українська гібридна війна: погляд соціолога: [монографія] / І. П. Рущенко. – Харків: ФОП Павленко О. Г., 2015. – 268 с., Савин В. Новые способы ведения войны. Как Америка строит империю / В. Савин. – С.-Петербург: Питер, 2016. – 352 с., Тодоров І. Внутрішні витоки та зовнішні чинники російської агресії на Донбасі / І.Тодоров // Російська окупація і деокупація України: історія, сучасні загрози та виклики сьогодення: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 2016 р.) / Упор. П. Гай-Нижник. – К.: «МП Леся», 2016. – С. 250- 256., Тодоров І. Руйнація правових засад міжнародної безпеки і реакція з боку ЄС та НАТО [2]. Нові тенденції сучасних війн відзначені такими військовими мислителями, як А. Свечін, А. Снесарев, Е. Месснер. У класичних працях цих військових теоретиків містяться погляди на гібридний характер війн майбутнього. Свечін А. в роботі «Стратегія» заснував цілу систему підготовки і ведення майбутньої війни, з'єднав в одне ціле стратегію, оперативне мистецтво й тактику. Він розписав характер роботи на численних «фронтах війни» - політичному, дипломатичному, економічному (аж до створення «економічного генштабу»), внутрішньому (які забезпечують безпеку в тилу), в області підриву духу противника й у сфері збройної боротьби. Ідею комплексності майбутньої війни розробив у своїх працях А. Снесарев. У статті «Гримаси стратегії» він зазначає, у цих війнах «стратегія працює не мечем, а іншими засобами, хоча б і чужими: агітацією, знищенням ворожої економіки, обгоном у відтворенні своїх сил тощо». По-справжньому гібридної представляється «всесвітня війна інтелекту». Розкрив і теоретично описав її Е. Месснер. «Війна інтелекту — це війна психологічна, запекла, апокаліптична. Коли воюють явно й таємно, безперервно або за нагодою, воюють універсально, користуючись усіма речами руйнування, воюють регулярним військом, що втратили військову монополію, й іррегулярною силою, що стала потужним чинником війни, воюють партизанами, диверсантами, терористами й пропагандистами, але й іншою незвичайною зброєю: нафтою-зброєю, зброєю-наркотиками тощо. Терор і партизанство — головна зброя в цій війні. Терор – це війна, це військова стратегія. Терор стає безмежним» [3].

Гібридна війна ведеться як силами, що діють всередині країни або регіону і прагнуть послабити або скинути уряд, так і зовнішніми силами. За такої умови дії зовнішніх сил полягають у наданні сприяння повстанцям у вербуванні прихильників і їх підготовці, оперативної та тилової підтримки, впливі на економіку й соціальну сферу, координації дипломатичних зусиль, а також проведенні окремих силових акцій. Для цих цілей залучаються сили спеціальних операцій, розвідка, організована злочинність, здійснюється масштабний інформаційно-психологічний вплив на населення, особовий склад збройних сил і правоохоронних органів, владні структури з використанням усього спектру інформаційно-комунікаційних технологій. У геополітичному контексті гібридна війна являє собою порівняно нове поняття, що застосовується головним чином у сфері операцій спеціальних сил і поєднує досвід жорстких протистоянь із виникаючими погрозами міжнародної безпеки та уроки, що отримані в боротьбі з екстремізмом державних і недержавних суб'єктів. Поява війн такого порядку зумовлено логікою самозбереження, бо війна між державами, що володіють достатньою військовою міццю, може призвести до їхнього взаємного знищення. У початковій стадії такі конфлікти проходять з опорою на протестний потенціал населення які представляють собою поєднання підривних технологій із ненасильницького захоплення влади, яке, по суті, і є війна гібридного типу. Політичні та військові цілі такої війни тісно переплітаються в рамках гнучкої стратегії, припускають широкий спектр дій, довгострокові цілі. Основа стратегії полягає в комплексному застосуванні дипломатичних, інформаційних, військових і економічних засобів для дестабілізації, виснаження й поразки супротивника.

Гібридна війна — поняття не нове. Вже протягом десятиліть такі війни ведуться у всьому світі. Гібридна війна передбачає явний й таємний вплив на еліту, інтелігенцію, молодь. У хід йдуть

прямий або опосередкований підкуп, надання гарантій підтримки, а в разі необхідного відступу – політичного притулку [4].

В одному з поширених західних визначень повідомляється, що гібридна війна – це комбінація відкритих і таємних військових дій, провокацій і диверсій у поєднанні з запереченням власної причетності, що значно ускладнює повноцінну відповідь на них. Найширше «гібридна війна» трактується в редакторському передмові довідника Military Balance 2015 як «використання військових і невійськових інструментів в інтегрованої кампанії, спрямованої на досягнення раптовості, захоплення ініціативи й отримання психологічних переваг, які використовують дипломатичні можливості; масштабні і стрімкі інформаційні, електронні та кібероперації; прикриття і приховування військових і розвідувальних дій; у поєднанні з економічним тиском» [5].

Мета статті полягає у дослідженні особливостей сучасних гібридних воїн. Формою яких є ведення військових і невійськових дій метою яких є відторгнення частини території іншої держави, в основу якої покладено погоджене застосування комплексу заходів політико-дипломатичного, інформаційно-пропагандистського, фінансово-економічного, а також військового характеру.

Виклад основного матеріалу. Характеризуючи риси гібридних війн, зазначимо, що воюють у них, як правило, квазіармія й народна міліція, повстанці, добровольчі формування або терористи, по суті, це ополчення, створене на етнічній, політичної чи конфесійної основі, у складі якого більшість бійців не є професійними військовими. Ці війни ведуться із застосуванням партизанської тактики, яка переважає над загальновійськовим боєм. Усі ці війни приймають цивільний вигляд незалежно від того, як вони почалися, а в момент успіху одних, на хід військових дій впливають інші, невійськові політичні та економічні важелі гібридної війни, щоб з допомогою дипломатії й санкцій повернути цю війну в рамки уповільненої, затяжної, без рішучих бойових дій, тобто ігнорування головного правила військового мистецтва війни до перемоги. Цими важелями успіх сильної сторони зводиться до мінімуму. Відмінною рисою цих війн є й те, що в ній воюють озброєні формування або квазіармії, непрофесійні, з поганим управлінням і незадовільною організацією. Війська формуються за клановим, етнічною чи конфесійною ознакою, Такі війни відрізняються довгостроковістю. Тривале за часом протистояння веде до утворення нових квазідержав, населення й еліта яких, врешті-решт, звикає відчувати себе незалежними. Можливим виходом із гібридною війни може бути зникнення держави або її поділ на кілька країн.

Важливою рисою гібридних війн є те, що формальні союзники часом воюють неформально, це видно на прикладі взаємин Туреччини й сирійського курдського ополчення. В умовах гібридною війни, коли армії противників мають відносно малу чисельність, особливу цінність має вміле використання можливостей сил і засобів. Створення адекватного угруповання, широке використання вогневої, ударної та маневреної потужності. Відрізняє ці війни розвинений снайперський рух. Снайперська війна є складовою і її ефективність не можна недооцінювати. Снайпери не замінять небоєздатну армію, але вони у змозі суттєво допомогти слабким військам отримати перевагу на полі бою над рівним під силу супротивником [6]. Дослідження показують, що гібридна війна, розпочавшись один раз, не завершується відразу, її закінчення, на думку фахівців, чисто військовими методами взагалі неможливо, тим більше, коли причина її виникнення залишається невирішена. Найчастіше закінчення або врегулювання виявляється у сфері інтересів якихось зовнішніх «гравців-замовників», здатних надавати найсерйозніший, а іноді і вирішальний вплив на її хід, результат і підсумки. Одним із характерних рис гібридної війни є інформаційно-пропагандистська складова. У сучасних умовах, із загальним поширенням інтернету, інформаційні операції набувають широкий спектр можливостей. Інтернет допомагає їм поширювати сцени насильства, збільшуючи аудиторію тих, на кого вони призначені.

Заходи військового характеру, що не є військовою операцією, здійснюються спеціальними формуваннями — силами спеціальних операцій (ССО), у тому числі збройними воєнізованими структурами, що заздалегідь створені й підготовлені, з допомогою яких здійснюється нейтралізація регулярних військових частин і з’єднань.

Підготовка і проведення таких операцій припускають: прийняття необхідних політичних рішень; підготовка достатньої кількості ССО, створення й оптимальні терміни розгортання необхідних угруповань військ (сил); підтримка операції населенням у тій частині країни, територія якої планується для приєднання або на перших порах анексія частини території; потайне формування опозиційних воєнізованих структур і їх навчання вмінню самостійно проводити військові операції з дестабілізації політичної, економічної, соціальної ситуації на підконтрольній території.

Важливу роль у проведенні військової складової гібридних операцій грають сили спеціальних операцій, які призначені для досягнення політичних, військових і економічних цілей. Вони вступають у справу, коли дипломатичні методи вже не діють, відволікають сили й увагу певних країн від зовнішніх проблем, створюючи їм труднощі внутрішні, розгойдують політичну систему цих держав, дестабілізують ситуацію. Сили спеціальних операцій створюють, навчають і керують повстанськими рухами, усувають небажаних лідерів без будь-яких санкцій на чужій території [7].

Досить ефективні сили – групи психологічних операцій, що призначені для підготовки та поширення пропагандистських матеріалів серед військовослужбовців противника й мирного населення, проведення дезінформації тощо. Ці структури можуть залучатися для проведення психологічної складової гібридної операції. Заслуговують на увагу структури цивільної адміністрації, силами яких у країнах – потенційних противників, таємно проводяться операції з ослаблення й підриву зсередини системи державної влади. Це досягається шляхом підкупу і схиляння до співпраці представників місцевих адміністрацій, формування «п'ятої колони», дезінформації населення. Своїми діями в мирний час ці структури повинні розм'якшити державний апарат потенційного противника настільки, щоб у разі початку війни опір його було мінімальним. Під час війни такі підрозділи займаються організацією адміністративного управління на зайнятих територіях, схиляють їх населення до співпраці, вишукують ресурсів тощо. Природно, що всі військовослужбовці цивільної адміністрації глибоко вивчають мову, історію, національні звичаї, традиції, етнічний склад і ставлення до влади, конфліктний і протестний потенціали. Подібні організації найбільш відповідають проведенню гібридних операцій [8].

Вивчення методів досягнення цілей операції в тій частині країни, яка планується для приєднання або на перших порах анексії частини території, дозволяє визначити фази послідовності анексії території. Перша – прихований період формування опозиційних воєнізованих структур і їхнє навчання здатності самостійно проводити військові операції. Друга – силове захоплення влади з допомогою підготовлених опозиційних воєнізованих структур або мирним шляхом, але з опорою на їхні збройні загони. Кращим вважають варіант проведення гібридної операції з опорою на мирні методи. Наприклад, за підтримки політичних партій регіонального значення, які не мають офіційний статус, тобто які не зареєстровані в Міністерстві юстиції. Зазвичай, тільки силовими засобами вирішити завдання гібридної операції в даний час неможливо, тому супротивникові потрібно завчасний вплив політичними методами на населення й керівництво тієї території, на якій планується проведення протиправних дій. Крім того, для підтримки операції всередині країни необхідно мати сили й органи, що здатні в потрібний момент організувати заходи й за можливістю очолити адміністрацію анексованої території. Важливим елементом гібридної операції є нейтралізація військових частин і з'єднань, що являє собою комплексним заходом і буде залежати від конкретних умов ситуації, що склалася [9].

Ще більшої уваги заслуговують можливості проведення гібридних операцій силами приватних військових компаній (ПВК). Під даними структурами розуміються комерційні підприємства, що пропонують спеціалізовані послуги, пов'язані з охороною, захистом (обороною) кого-небудь і чого-небудь, нерідко за участю у військових конфліктах, а також зі збором розвідувальної інформації, стратегічним плануванням, логістикою й консультуванням. Зростанню ролі ПВК сприяє швидке кількісне і якісне збільшення «найманців у білих комірцях». Вірогідність проведення на території деяких країни гібридних операцій, з метою насильницької зміни державної системи, порушення територіальної цілісності держави із

застосуванням яких мирних, або військових способів дій існує. У зв'язку з цим, потенційна небезпека різкого загострення внутрішніх проблем із подальшою ескалацією до рівня внутрішнього збройного конфлікту є реальною загрозою для стабільності й територіальної цілісності на середньострокову перспективу. Прогнози розвитку міжнародної ситуації на тривалий період сходяться у висновках про зростаючої глобальної нестабільності й похідним від них загрозам безпеки [10]. З погляду забезпечення національної безпеки держави істотна роль за таких умов буде належати такими чинниками: зростання ролі недержавних суб'єктів за одночасному зростанні кількості можливих політико-військових комбінацій, що включають державних і недержавних учасників; дифузія мощі в багатополярному світі на тлі поширення інформаційних і військових технологій; демографічні зміни, потужні потоки міграції з нестабільних регіонів; посилення суперництва з доступу до глобальних ресурсів. Одночасно зберігається загроза міждержавних конфліктів, із застосуванням сучасних видів високоточної зброї, та збереження ролі ядерної зброї як засобу стримування. Наявність таких тенденцій вимагає підготовки країни і збройних сил до участі в широкому діапазоні можливих класичних і іррегулярних конфліктів, включаючи гібридні війни. Посиляться загрози, пов'язані з поширенням інформаційних і військових технологій, що дозволить окремим особам і невеликим групам отримати доступ до різних видів летального зброї, особливо до високоточної й біологічної зброї, до так званої брудної бомби, здатної створити радіоактивне зараження на великих ділянках місцевості, а також до різних небезпечних хімічних речовин і кібер технологій [11]. Розвідка в гібридної війні є життєво важливим видом бойового забезпечення, носить гібридний характер і поєднує в собі весь комплекс наявних сил і засобів, у завдання яких входить розтин системи мобілізації противника, його слабких і вузьких місць у районах, охоплених війною, організації їм розвідки й органів пропаганди, транспортного та тилового забезпечення. Особливість діяльності розвідки в гібридної війні полягає в необхідності добувати відомості про приховані підривних елементах, які діють у мережі, що складається з ізольованих осередків. У цьому контексті, як видається, у регіонах, охоплених гібридною війною, може бути корисним створення своєрідних розвідувально-ударних груп, які можуть складатися з ізольованих розвідувальних і ударно-диверсійних осередків, кожна з яких може вирішувати коло відповідних завдань, розташовувати своїми каналами оперативної, надійної і прихованої системи зв'язку. Комплекс розвідувальних завдань у гібридної війні істотно відрізняється від завдань розвідки у військовому конфлікті звичайного типу і вимагає, зокрема, організації збору, здавалося б, малозначущих відомостей в умовах застосування противником асиметричних підходів [12].

Висновки.Таким чином, у роботі доведено, що комплексний вплив зазначених чинників гібридної війни призводить до появи нового типу загроз — гібридних загроз, джерелами яких можуть бути як держави, так і інші суб'єкти. Особливістю цього виду загроз є їхня чітка спрямованість проти заздалегідь розкритих слабких і уразливих місць конкретної країни або окремого регіону.

На відміну від антитерористичних операцій, значний спектр яких здійснюється в стислі терміни, тимчасові рамки планування, здійснення й координації дій у гібридної війні набагато ширші. Якщо переконливим мірилом успіху в антитерористичній операції може служити знищення або полонення лідерів, то в гібридної війні настільки очевидних показників немає. Особлива увага приділяється формуванню регіональних і глобальних органів управління гібридною війною. Загалом створення надійної та ефективної системи управління новим видом війни можливо завдяки серйозної реструктуризації всієї системи державних і військових органів управління для додання їм необхідних гібридних властивостей, підвищення оперативності та гнучкості управління. Важливе місце відводиться процедурам прийняття рішень на використання військової сили з урахуванням трансформацій меж районів які важко передбачувати, та які охопленв гібридною війною. У підготовці країни та її військової організації до протистояння гібридним загрозам, важлива роль належить політичному прогнозуванню як складової частини соціального прогнозування й одночасно важливої основи для вироблення політичних і військових рішень. Результати прогнозу дозволять показати напрями політичних змін, трансформації сфери військової безпеки і стратегії, взаємозв'язок

ризиків для національної безпеки не тільки у військовій сфері, а й в області соціально-економічної, інформаційної, фінансової тощо.

Напрямки подальших досліджень. Комплекси гібридних загроз існують, ймовірність їхньої розробки очевидна, кожна з них базується на ретельному обліку всіх особливостей району у якому передбачається розв'язання війни. У цих умовах назріла необхідність відобразити в доктринальних документах країни, у тому числі у Військовій доктрині, виклики, ризики, небезпеки й загрози, пов'язані з підготовкою ймовірного противника до ведення проти нашої країни воєн нового типу – гібридних війн. Слід також приділити увагу проблемам інформаційного протиборства як складової частини гібридної війни. Через це, необхідно постійно і глибоко відстежувати розвиток інформаційних технологій, а також удосконалювати, модернізувати системи захисту всієї державної і військової інфраструктури і, створювати механізми виявлення та припинення інформаційно-психологічного впливу на населення країни. Загалом в рамках підготовки до участі у гібридній війні необхідне формування середньострокової військово-політичної стратегії, як основи протидії противнику, створення спеціального органу для координації зусиль на всіх рівнях, починаючи від стратегічного (національного) до оперативно-тактичного (регіонального), вироблення принципових підходів з ефективного й потайливого використання сил спеціальних операцій і нанесення ударів високоточною зброєю. Потрібно ретельно визначити й оперативно підготувати регіони й райони, які можуть бути охоплені гібридною війною, попередньо вивчивши всі їхні характеристики.

Слід мати стратегічний аналіз усіх аспектів ситуації в Іраку, Сирії, Туреччини, прогноз їхнього розвитку та облік отриманих результатів у військовому плануванні. У стадії розвитку перебувають й інші тривожні події, що вимагають обліку у військовій доктрині. Отже, гібридні війни пов'язані з комплексом гібридних загроз, які ретельно структуруються залежно від особливостей країни-мішені. Їх відрізняють: хаотичність; залученість широкого спектру учасників; дію регулярних і іррегулярних формувань, які застосовують нетрадиційні форми і способи ведення збройної боротьби; зростання ролі і значення невійськових засобів — диверсій і провокацій, інформаційних операцій, операцій у кіберпросторі, фінансово-економічних інструментів впливу, операцій когнітивного впливу тощо; цинічність і жорстокість, масові злочини проти людяності [13]. Комплекс гібридних загроз що використовується під час гібридної війни, включає загрози різного типу: традиційні, нестандартні, масштабний тероризм, а також підривні дії, під час яких використовуються технології для протистояння переважаючої військової сили. Особливістю гібридних загроз є їхній строго цілеспрямований, адаптивний до держави-мішені й конкретної політичної ситуації характер. Ця особливість надає гібридним загрозам унікальну синергетику й зумовлює їхній потужний руйнівний потенціал. Гібридні війни як конфлікти нового типу є продуктом соціальних маніпуляцій і розвиваються за жорстким апокаліптичним сценарієм, написаним для них деякими зовнішніми силами. Постконфліктне врегулювання таких конфліктів, якщо на це не буде схвалення «замовників», можливо тільки у форматі тимчасового розв'язання проблем. Поки не буде відповідного сигналу від істинного «замовника», конфлікт буде тліти і кровоточити далі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бартош, А. Гібридна війна у стратегії США та НАТО // Незалежний військовий огляд. – 2014.
2. https://www.nato.int/docu/review/uk/articles/2021/11/30/
3. Військова доктрина Республіки Казахстан. 11.10.2011 року.
4. https://shron1.chtyvo.org.ua/Popovych_Kateryna/Hibrydna_viina_iak
5. https://pressassociation.org.ua/ua/istorichni-prikladi-gibridno%D1%97-vijni/
6. Воробйов, І.М., Кисельов, В.А. Тактика боротьби з диверсіями та тероризмом у сучасному загальновійськовому бою: монографія. – ОВА, 2005.
7. Геополітика та війни нового типу: Інформаційно-довідкова збірка за матеріалами преси (частина 2) / Упоряд. О.М. Риспаєв. – Астана, 2015 -387 с.
8. Гібридна війна: проблеми та перспективи постконфліктного регулювання // Матеріали круглого столу у редакції «Незалежного військового огляду». – 2015. -№9.

9. Дроздов, Ю.І., Маркін, А.Г. Нахабний орел – 2007 (Розвідка та війна у системі США) : Видавництво ТОВ «Аристіл-поліграфія», 2007 – С. 183-185.
10. Ісламська держава: Армія терору / Майкл Вайс, Хасан Хасан: пров. з англ. : Альпіна нон-фікшн, 2016. – 346 с.
11. Кисельов, В.А., Воробйов, І.М. Гібридні операції як новий вид військового протистояння // Військова думка. – 2015. – № 5. – С. 41–48.
12. Логунов, А. Зарубіжні недержавні суб'єкти військово-політичних відносин у XXI столітті// Зарубіжний військовий огляд – 2006. - № 3 (708). – С. 2-11.
13. Щаблі ескалації: кольорова революція, гібридна війна. Що далі … / / Незалежний військовий огляд. – № 7. – 27 лютого – 5 березня 2015 р.

REFERENCES:

1. Bartosh, A. Hybrid war in the strategies of the USA and NATO // Independent Military Review. – 2014.
2. https://www.nato.int/docu/review/uk/articles/2021/11/30/
3. Military doctrine of the Republic of Kazakhstan. 11.10.2011.
4. https://shron1.chtyvo.org.ua/Popovych_Kateryna/Hibrydna_viina_iak
5. https://pressassociation.org.ua/ua/istorichni-prikladi-gibridno%D1%97-vijni/
6. Vorobyov, I.M., Kiselyov, V.A. Tactics of combating sabotage and terrorism in modern military combat: a monograph. – OVA, 2005.
7. Geopolitics and wars of a new type: Information and reference collection based on press materials (part 2) / Edited by. OHM. Ryspayev – Astana, 2015 -387 p.
8. Hybrid war: problems and prospects of post-conflict regulation // Materials of the round table in the editorial office of "Independent Military Review". – 2015. – No. 9.
9. Drozdov, Y.I., Markin, A.G. Brazen eagle – 2007 (Intelligence and war in the US system): "Aristyl-polygraphy" LLC publishing house, 2007 – P. 183-185.
10. Islamic State: Army of Terror / Michael Weiss, Hasan Hasan: prov. From English : Alpina non-fiction, 2016. – 346 p.
11. Kiselyov, V.A., Vorobyov, I.M. Hybrid operations as a new type of military confrontation // Military thought. – 2015. – No. 5. – P. 41–48.
12. Logunov, A. Foreign non-state subjects of military-political relations in the XXI century// Foreign Military Review – 2006. – No. 3 (708). – P. 2-11.
13. Escalation steps: color revolution, hybrid war. What's next ... / Independent military review. – No. 7. – February 27 – March 5, 2015.

Ph.D., V.V. Mamych, Ph.D., Yu.A. Maksimenko,
D.Sci. prof. Popov S.A., Solodeeva L.V., Sharshatkin D.Yu.

STUDY OF THE FEATURES OF MODERN HYBRID WARS

***Abstract:** An important issue today has become a comprehensive study of the specifics of the development and implementation of modern hybrid warriors. The work is devoted to the current topic of modern military science – hybrid wars. Based on the analysis of various types of wars, a hybrid war is defined as a war with a complex character, with a wide range of various methods of action, including a fierce confrontation of diplomats, information warfare, ideological struggle, the application of economic and political pressure on the enemy, exceptional activity of special services and actual military actions. In the theoretical works of military specialists, experts, analysts, and scientists in recent years, the topic of hybrid wars and hybrid threats has been occupying more and more space of scientific discussion. At the same time, the palette of definitions, description of signs on the examples of military conflicts and modern wars is so colorful that the understanding of the very essence and content is blurred. Military thought is developing, but there should be no room for interchange of concepts and confusion of categories. War, if considered from the point of view of historical development, becomes more complicated, is conducted in an increasingly wide range of actions – traditional and unusual, direct and indirect (non-linear), combat and "non-military", becomes more and more complex and integral, as well as – high-tech, information , regular and irregular.*

Asymmetric wars, alternative wars, unconventional wars, hybrid wars and other definitions are introduced into scientific and theoretical circulation. No matter what definitions are given, the fact that it is war remains unchanged. War of armies, war of peoples and war of different factions fighting for power, existence, influence, resources, territory, etc. Therefore, the essence and content must be defined as categories of war, but war that differs in its real features. The military doctrine of Ukraine considers wars as conflicts depending on the intensity and potential of the confronting states or group of states.

Keywords: Hybrid war, hybrid operation, political and military goals, strategic goals, information war, diplomatic confrontation, economic pressure, national security, intelligence war.

УДК 621.396.967

к.т.н., с.н.с. **Охрамович М.М.** (ВІКНУ)
д. філос.з інформ. техн. **Коваль М.О.** (ВІКНУ)
к.пед.н. **Кравченко О.І.** (ВІКНУ)
Шевченко В.В. (ВІКНУ)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-08

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИФРОВИХ ТЕЗ ЩО ВИКОРИСТОВУЄ ПАРАМЕТРИ ЕНЕРГОДИНАМІЧНОГО ПРОЦЕСУ

У статті розглянуто структурна і функціональна схеми пристрою для діагностування існуючих та перспективних цифрових типових елементів заміни, що містять мікропроцесорні великі інтегральні схеми і входять до складу радіоелектронної техніки Збройних Сил України. Принцип роботи пристрою базується на використанні в якості діагностичної інформації вихідних реакцій (ВР) об'єкт діагностики і параметрів енергодинамічного процесу. Застосування двох напруг живлення і поетапна побудова тестової послідовності дають можливість приймати рішення про працездатність об'єкта діагностики з достовірністю не нижче заданої за прийнятний час. Прийняття рішення про технічний стан типового елемента заміни і локалізація дефектів здійснюється за допомогою персонального комп'ютера на базі теорії нечіткої логіки. Комп'ютер є ядром, що забезпечує аналіз наявної та отриманої діагностичної інформації, формування (ТП) і прийняття рішення про технічний стан об'єкта діагностики. Він дозволяє швидко обробляти велику кількість діагностичної інформації, проводити її аналіз, збереження і поповнення за рахунок знань експертів та накопичення статистики. Це дозволяє виключити деякі елементарні тестові впливи, необхідність у яких відпадає за результатами отриманих даних, а також зменшити кількість наборів у ТП, що приводить до скорочення часу діагностування. Покрокове виконання команд і поточний аналіз ситуації, що склалась дозволяє не тільки здійснювати діагностування до першого несправного елемента, але і дає можливість проводити подальший пошук несправних елементів. Перевага запропонованого пристрою полягає в можливості підвищення достовірності діагностування без збільшення його тривалості.

Ключові слова: енергодинамічний процес, радіоелектронна техніка, тестова послідовність, об'єкт діагностування, джерело діагностичної інформації, типовий елемент заміни.

Вступ. Сучасний етап розвитку радіоелектронної техніки (РЕТ) характеризується широким використанням різноманітних цифрових пристроїв. Вони будуються за модульною структурою, тобто основним елементом таких пристроїв є типові елементи заміни (ТЕЗ). Значну частку цифрових ТЕЗ складають такі, що містять у своєму складі мікропроцесорні великі інтегральні схеми (МП ВІС). В умовах війни, значно загострюється проблема зменшення часу відновлення РЕЗО на місці дислокації, або при переміщенні на іншу позицію .Для цього необхідно мати на зразку техніки, спеціальний уніфікований ремонтний модуль, який був би спроможний, провести контроль технічного стану а в ідеалі – діагностування, тих ТЕЗ, які підозрюються в несправності, тобто ту сукупність складових частин РЕЗО, яку виявила вбудована система діагностування. Існуючі методи і пристрої, які використовуються для діагностування цифрових ТЕЗ, не завжди дозволяють здійснювати їх діагностування з прийнятними часовими характеристиками і достовірністю діагностування. Все це змушує удосконалювати існуючі методи та створювати нові пристрої для діагностування цифрових ТЕЗ.

Перспективним напрямком у діагностуванні цифрових пристроїв радіоелектронної техніки на наш погляд є застосування методів, що використовують в якості діагностичної інформації (ДІ) параметри енергодинамічного процесу. Суть методу полягає в аналізі імпульсів, що виникають у шині живлення об'єкта діагностування (ОД) при переключенні його логічних елементів (ЛЕ) з одного стана в інший. Переваги застосування методів діагностування, що базуються на аналізі параметрів енергодинамічного процесу, описані в літературі [1].

Аналіз останніх досліджень. На теперішній час існуючі методи контролю технічного стану цифрових елементів поодинці не дозволяють домогтися прийнятних результатів визначення технічного стану цифрових ТЕЗ з високою достовірністю за припустимий час. Це

пов’язано з тим, що цифровий ТЕЗ, має велику кількість активних елементів на кристалі обмеженої площі, складну внутрішню структуру і високу ймовірність виникнення кратних дефектів, обмежену кількість виводів і контрольних точок [1, 2].

Досягнення якісного виконання задач діагностування цифрових приладів радіоелектронного озброєння (РЕЗО), виконаних на новій елементній базі, неможливо одним існуючим методом окремо. Кожен метод має свої переваги, використовує свої джерела діагностичної інформації і має недоліки, які частково усуваються новими методами.

Засоби технічного діагностування не встигають за розвитком елементної бази, не завжди забезпечують задану якість контролю технічного стану навіть для існуючих цифрових пристроїв РЕЗО. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є удосконалення методів діагностування і розробка на цій основі нових, універсальних засобів діагностування, що реалізують більш сучасні механізми отримання діагностичної інформації враховуючи структуру і алгоритм функціонування типових елементів заміни. Комплексне використання в якості діагностичної інформації спектральних характеристик імпульсів струму квазікороткого замикання та вихідних реакцій типових елементів заміни (ТЕЗ) дозволяє визначити технічний стан ТЕЗ та локалізувати несправний елемент. Таким чином спрощується обробка діагностичної інформації і загальному випадку спрощує пристрій діагностування [3,4].

Мета статті. У статті пропонується структурна і функціональна схеми пристрою для визначення технічного стану цифрових (ТЕЗ), що містять мікропроцесорні великі інтегральні мікросхеми (МП ВІС).

Виклад основного матеріалу дослідження. Прийняття рішення про технічний стан об’єкта діагностування (ОД), ґрунтується на базі теорії нечіткої логіки. Це дозволяє покращити параметри достовірності діагностування і його часові показники.

Кожний окремий тип ТЕЗ створюється для рішення порівняно вузького, заздалегідь визначеного кола задач, які обумовлюються наявністю унікальної системи команд для кожного типу ТЕЗ і МП ВІС, які він містить. Різні типи МП ВІС, навіть ті, що входять в один мікропроцесорний комплект, відрізняються функціональним призначенням однойменних корпусних виводів, а також їх кількістю [5]. У зв’язку з цим організація діагностування цифрового ТЕЗ, являє собою досить складну інженерну задачу, а технічні рішення (пристрої), що здійснюють діагностування, повинні задовольняти наступним вимогам:

- універсальність (забезпечення діагностування широкої номенклатури цифрових ТЕЗ, урахування характерних конструктивних особливостей, притаманних різним типам ТЕЗ);
- адаптивність під нові типи ТЕЗ;
- можливість накопичення знань у ході експлуатації з метою оптимізації процесу діагностування;
- можливість застосування у складі пересувних і стаціонарних військових ремонтних органів, на підприємствах-виробниках і на ремонтних підприємствах;
- висока продуктивність;
- низька вартість та енергоспоживання (у порівнянні з існуючими пристроями).

Зазначені вимоги обумовлюють необхідність створення таких пристроїв діагностування на базі ПЄОМ. Комп’ютер є ядром, що забезпечує аналіз наявної та отриманої ДІ, формування тестових послідовностей (ТП) і прийняття рішення про технічний стан ОД. Вона дозволяє швидко обробляти велику кількість діагностичної інформації, проводити її аналіз, збереження і поповнення за рахунок знань експертів та накопичення статистики.

Структурна схема запропонованого пристрою діагностування цифрових ОД зображена на рисунку. 1. Він містить у собі дві частини: засоби діагностування та інформаційну частину (ІЧ) [3-5].

Рисунок 1. Структурна схема пристрою для діагностування цифрових ТЕЗ

Засоби діагностування призначені для формування, виділення і передачі діагностичної інформації від об'єкта діагностування до інформаційної частини і складаються з наступних блоків:

- плата комутації;
- пристрій розподілу;
- блок дешифрації і формування команд управління;
- блок формування тестових послідовностей;
- джерело живлення з програмним керуванням;
- блок перетворення;
- блок виділення образу енергодинамічних імпульсів (ЕДІ) в шині живлення ОД;
- блок аналого-цифрового перетворювання (АЦП);
- пристрій узгодження;
- загальна шина (інтерфейс).

Функціональна схема пристрою для діагностування цифрових ТЕЗ зображена на рис. 2 та складається з наступних компонентів:

Плата комутації являє собою пристрій, що складається з набору роз'ємів під різні типи ТЕЗ. Кожен роз'єм підключається до пристрою розподілу.

Пристрій розподілу призначений для підключення відповідного роз'єму плати комутації й узгодження ОД з блоком формування тестових послідовностей і блоком виділення ЕДІ в шині живлення, пересилання тестових кодів, підключення напруги живлення з джерела живлення, а також для передачі на пристрої обробки діагностичної інформації отриманих вихідних реакцій (ВР) і параметрів енергодинамічного процесу в шині живлення ОД.

Блок формування тестових послідовностей призначений для формування заданої послідовності тестових впливів і логічних рівнів (у залежності від технології виготовлення елементної бази ОД) для проведення діагностування згідно команд управління.

Блок дешифрації і формування команд управління призначений для перетворення коду команд, що надходять із ІЧ, у паралельний код команд управління блоком формування тестових послідовностей, пристроєм розподілу і джерелом живлення.

Джерело живлення з програмним керуванням призначене для одержання напруг живлення, що змінюються за законом, який задається командами управління з ІЧ. Діагностування ОД необхідно проводити не менш ніж при двох рівнях напруги живлення: номінальному $U_{н}$, при якому всі його елементи працюють стійко і граничному $U_{г}$, при якому працездатні елементи працюють стійко, а непрацездатні (чи ті, котрі знаходяться в передвідмовному стані) втрачають свою працездатність і викликають відмову ОД. Гранична напруга живлення $U_{г}$ повинна бути меншою ніж $U_{н}$ виходячи з того, що при $U_{г} > U_{н}$ можуть відбутися незворотні процеси, що призведуть до відмови ОД

Блок перетворення вихідних реакцій ОД призначений для приведення даної діагностичної інформації до виду зручного для подальшого аналізу (перетворення коду, стиск у сигнатуру і т.д.).

Блок виділення образу ЕДІ в шині живлення ОД призначений для фільтрації та виділення образу ЕДІ, посилення виділених ЕДІ до необхідного рівня [4]. *Образ* – сукупність послідовностей ЕДІ, утворених логічними елементами, що переключилися при виконанні визначеного елементарного тестового впливу (ЕТВ). Елементарний тестовий вплив – функціонально завершена послідовність команд і наборів інформаційних вхідних діянь (ІВД) [6]. Блок виділення повинен мати характеристики, що дозволяють виділяти імпульси ЕДІ амплітудою 10…70 мА і тривалістю 7…75 нс на фоні шумів у шині живлення.

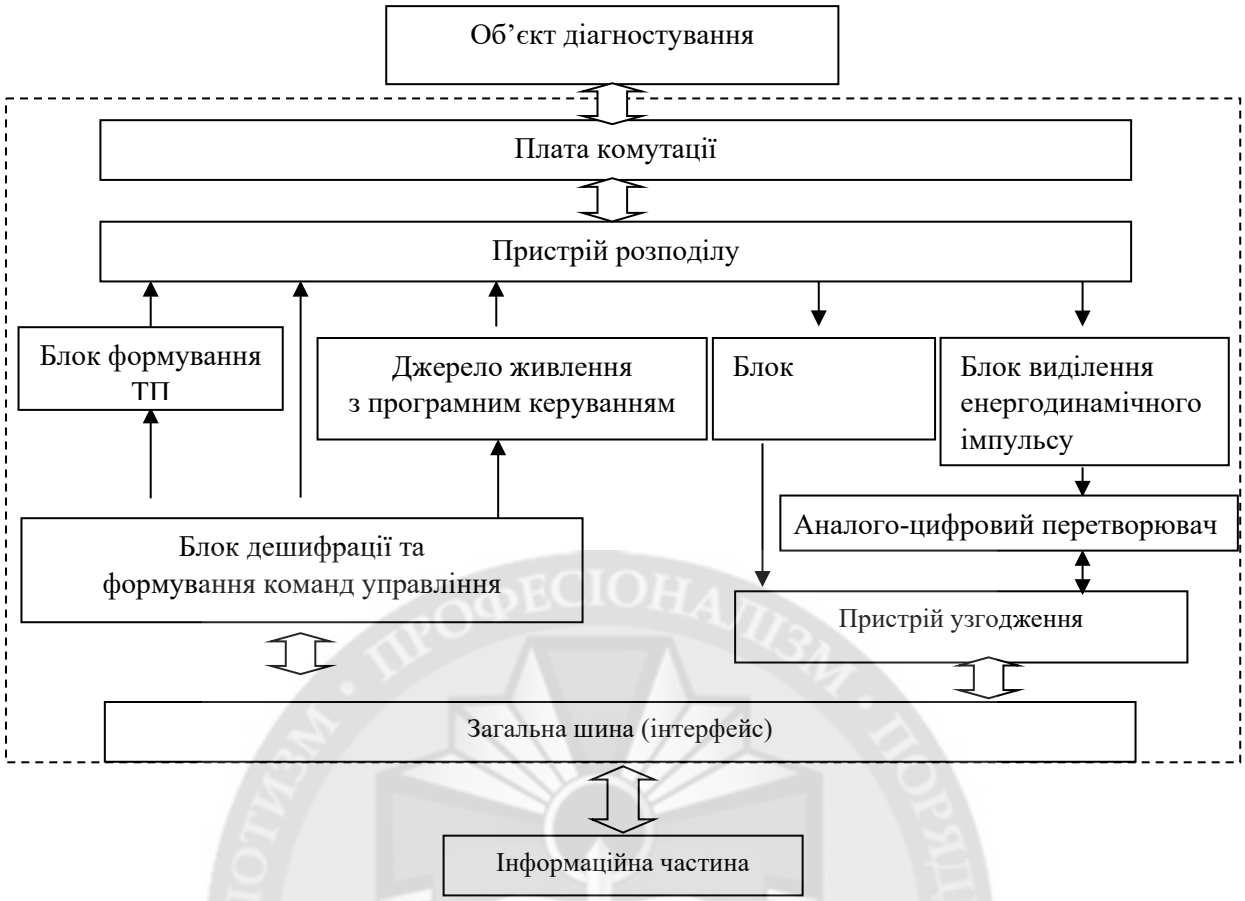


Рисунок 2. Функціональна схема пристрою для діагностування цифрових ТЕЗ

Блок АЦП призначений для перетворення образу послідовності ЕДІ з аналогової форми в цифрову. Виходячи з аналізу параметрів образу, АЦП повинен бути швидкодіючим, щоб із заданою якістю здійснювати перетворення. Тривалість імпульсів ЕДІ в середньому складає близько 10 нс, тому для впевненого розпізнавання й аналізу образу ЕДІ необхідно мати АЦП із частотою дискретизації не менш ніж 1 ГГц, та розрядністю не менш ніж 8 біт і швидкодіючим ОЗУ.

Пристрій узгодження призначений для перетворення вихідної діагностичної інформації ОД до виду зручного для передачі й обробки в ІЧ.

Загальна шина (*інтерфейс*) призначена для підключення засобів діагностування до інформаційної частини, а також для передачі команд управління з ІЧ на ОД і передачі вихідних реакцій ОД і ЕДІ в ІЧ. Конструктивне виконання і схемотехніка з’єднання визначаються способом підключення засобів діагностики до ПЕОМ. Нині найбільш широко використовуються наступні способи підключення зовнішніх пристроїв до ПЕОМ, що визначають швидкість обміну інформацією між ними підключення:

- до паралельного порту LPT;
- до послідовної шини USB 1.1 чи USB 2.0;
- до послідовної шини IEEE 1394 (Fire Wire чи i/Link);
- до системної шини за допомогою інтерфейсу IDE;
- до системної шини за допомогою інтерфейсу SCSI.

Найбільш прийнятним є використання підключення засобів діагностування до послідовних шин. При цьому досягається висока швидкість передачі даних, відсутні жорсткі вимоги до довжини кабелю, відсутні змагання сигналів, немає необхідності використовувати додатковий адаптер (контролер), зручність підключення [7].

Таким чином, діагностична інформація (вихідні реакції ОД і образ ЕДІ) через загальну шину (інтерфейс) надходять в інформаційну частину, де здійснюється подальше перетворення ДІ, аналіз і прийняття діагностичного рішення про технічний стан ОД а також локалізація дефектних елементів.

Інформаційна частина призначена для керування процесом впливу на ОД, синхронізації й обробки діагностичної інформації та для прийняття рішення про працездатність ОД [3-5, 8]. На рис. 3 зображена структурна схема ІЧ для діагностування цифрових ТЕЗ, що містять МП ВІС. Основними структурними елементами схеми є:

- *блок дискретного перетворення Фур'є* призначений для перетворення діагностичної інформації (параметрів образа ЕДІ) з часової області в частотну. Це дозволяє більш інформативно аналізувати отриману ДІ в шині живлення ОД;

- *блок аналізу поточної інформації* призначений для порівняння частотних параметрів образу ЕДІ і вихідних реакцій з еталоном. При розбіжності ДІ з еталоном блок виконує "вирізання вікна" ДІ для подальшої обробки й аналізу. У цьому блоці вихідні реакції і параметри образу ЕДІ обробляються синхронно, тобто кожному образу ЕДІ відповідає своя вихідна реакція;

- *блок порівняння поточної інформації* призначений для пошуку подібної ДІ в базі даних і базі знань, для відповідного ОД, з метою подальшого формування плану прийняття рішення;

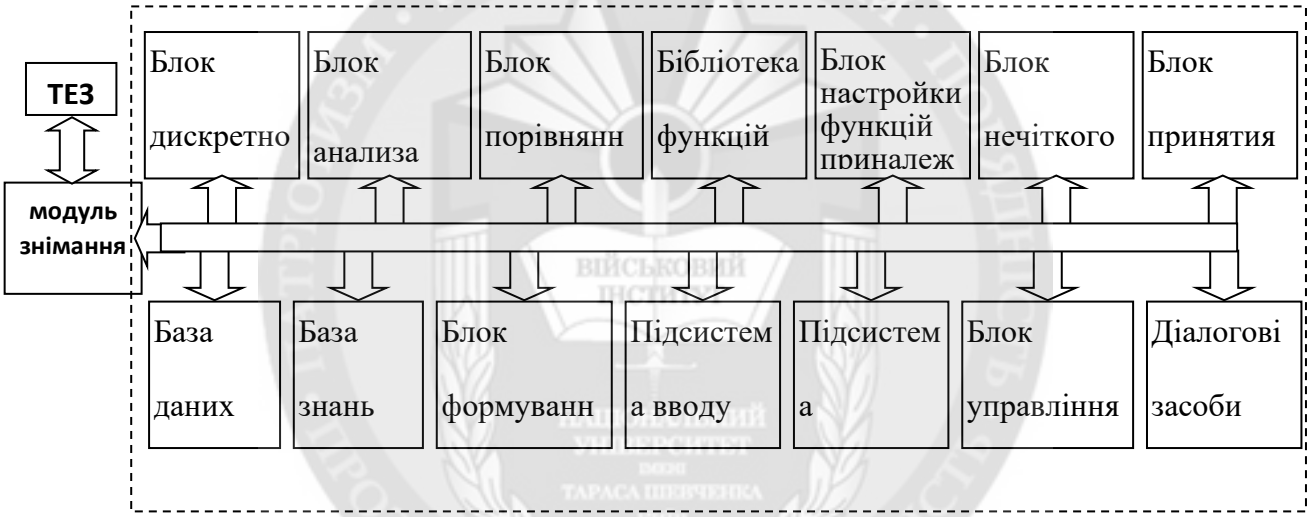


Рисунок 3. Структурна схема інформаційної частини пристрою для діагностування цифрових ТЕЗ

- *база даних* призначена для збереження інформації про різні ОД, системи команд МП ВІС, команди управління засобами діагностування і діагностичної інформації, яка надходить з ОД. До складу ДІ входять вихідні реакції ОД і частотні параметри ЕДІ;

- *база знань* призначена для збереження і поповнення інформації, правил, за якими оцінюється ситуація, видаються рекомендації щодо параметрів діагностування, і накопичується статистична інформація;

- *підсистема поповнення бази знань* призначена для поточної зміни даних бази знань;

- *підсистема введення даних* призначена для зміни інформації в базі даних, обумовленої накопиченням діагностичної інформації в ході проведення діагностування чи додавання нової інформації для нових зразків цифрових ТЕЗ;

- *бібліотека функцій належності* призначена для оцінки ЕДІ термами, що характеризують ДІ про ТЕЗ;

- *блок настроювання функцій належності* призначений для зміни ступеня функцій належності;

- *блок нечіткого логічного висновку* призначений для прийняття рішення про технічний стан ОД і локалізації дефектів на основі аналізу вихідної ДІ об'єкта діагностування й інформації з бази знань;

- *блок прийняття рішення* призначений для прийняття діагностичного рішення про технічний стан ОД і розробки подальшого плану дій;

- *блок формування команд керування* призначений для розробки, передачі алгоритму проведення діагностування, керування блоком формування тестових впливів на основі отриманої інформації з блоку прийняття рішення і бази знань, керування джерелом живлення, пристроєм розподілу та АЦП;

- *діалогові засоби* призначені для здійснення діагностування, відображення отриманої ДІ і спостереження за процесом діагностування.

Пристрій працює наступним чином. Процес діагностування починається із завантаження в комп'ютер даних про тип ТЕЗ, що діагностується. Через діалогові засоби здійснюється уточнення наявної інформації про ОД (тип розташованої на ОД МП ВІС, елементна база, тощо). Далі задаються вимоги до параметрів діагностування. Це може бути контроль функціонування, скорочена перевірка, повна перевірка, тощо, у залежності від наявної інформації і задачі діагностування.

Отримана і наявна інформація про ОД аналізується в базі знань, де формуються правила (умови) проведення діагностування. На основі заданих умов формуються команди для керування засобами діагностування. Блоку формування тестової послідовності (ТП) задається алгоритм діагностування і набори елементарних тестових впливів, які представляють собою функціонально закінчені послідовності команд і наборів інформаційних вхідних впливів. Виходячи з заданих умов, вибираються елементарний тестовий вплив (ЕТВ) відповідно до алгоритму діагностування, визначеному в базі знань.

Вибір інформаційних вхідних впливів можна здійснити одним з наступних способів [8-11]:

- використовуючи заздалегідь утворену базу даних, яка містить оптимізовані ІВВ, розраховані для кожного типу ТЕЗ;

- безпосередньо з комп'ютера у процесі діагностування (псевдовипадкова послідовність);

- комбінованим способом, який передбачає використання бази даних, що утримує оптимізовані ІВВ, а також удосконалення і поповнення цієї бази даних за рахунок резерву часу, що забезпечується в процесі діагностування.

Удосконалення і поповнення бази знань і даних відбувається в процесі експлуатації, а також фахівцями-експертами в даній предметній області. Число елементарних тестових впливів (ЕТВ) визначається в блоці знань, виходячи з заданих характеристик діагностування (достовірності і часу).

З інформаційної частини через загальну шину надходять команди управління для формування заданої тестової послідовності (ТП). Блок дешифрації і формування команд управління перетворює отриманий код у паралельний код команди керування блоком формування тестових впливів і джерелом живлення. Блок формування тестових впливів формує і видає тестову послідовність для перевірки технічного стана об'єкта діагностування (ОД). Джерело живлення відповідно до команд управління формує певну напругу живлення для ОД. Вибір рівня напруги живлення залежить від типу ТЕЗ (елементної бази ТЕЗ) і задачі діагностування (контроль працездатності, локалізація дефектів і т.д.). З ОД знімається діагностична інформація (вихідні реакції та енергодинамічні імпульси (ЕДІ)). Вихідні реакції надходять до блоку перетворення, де вони перетворюються до виду зручного для подальшої обробки і передачі в інформаційну частину (ІЧ). Одночасно в шині живлення ОД блоком виділення енергодинамічних імпульсів знімаються імпульси. Цей блок містить у собі фільтр,

що здійснює виділення ЕДІ, і підсилювач, де виділені ЕДІ підсилюються до необхідного рівня. Далі ЕДІ надходять на швидкодіючий АЦП, де з аналогової форми перетворюються в цифрову і передаються в ІЧ через пристрій узгодження. Цифрова обробка необхідна для перетворення й обробки отриманої інформації в частотній області, передачі і збереження діагностичної інформації. В інформаційній частині здійснюється аналіз і обробка вихідних реакцій (ВР) і параметрів ЕДІ для прийняття рішення про технічний стан ОД.

Діагностична інформація надходить з ОД у базу даних інформаційної частини, де відбувається її накопичення. З бази даних ДІ надходить у блок нечіткого логічного висновку, одночасно з цим у цей блок надходить інформація з бази знань і значення функцій належності з бібліотеки функцій належності. У блоці нечіткого логічного висновку відбувається покрокове порівняння параметрів значень отриманої ДІ з еталоном для даного типу ТЕЗ, що знаходиться в базі знань, при використанні відповідної функції належності. Після порівняння з еталоном у відповідному блоці відбувається прийняття рішення про технічний стан ТЕЗ (безпосередньо тієї його частини, яка перевіряється в даний момент) на підставі нечіткого логічного висновку і відображення цієї інформації користувачу. Також, на підставі цієї ж інформації, з бази даних відбираються дані, які відповідають ситуації, що склалась і пересилаються в базу знань, звідки у виді команд управління вони надходять на блок формування тестової послідовності.

Висновки. Таким чином, кількість і порядок проходження елементарного тесового впливу і наборів даних можуть змінюватись в залежності від отриманої діагностичної інформації (ДІ). Така система дозволяє виключити деякі ЕТВ, необхідність у яких відпадає за результатами отриманих даних. Це дозволяє зменшити кількість наборів у ТП, що приводить до скорочення часу діагностування. Покрокове виконання команд і поточний аналіз ситуації, що склалась дозволяє не тільки здійснювати діагностування до першого несправного елемента, але і дає можливість проводити подальший пошук несправних елементів шляхом виключення використання даних від виявленого дефектного елемента. Нові ЕТВ формуються на підставі отриманої інформації і варіантів прийняття рішень, визначених у базі знань.

За умови неоднозначності при прийнятті рішення, користувач може внести свої корективи в механізм прийняття рішення шляхом зміни показника ступеня функції належності чи зміною поточних даних у базі знань або базі даних. У випадку, якщо нові дані приводять до більш достовірного результату, ці виправлення через підсистему поповнення бази знань заносяться в базу знань і будуть використані в наступній подібній ситуації.

Використання в якості діагностичної інформації вихідних реакцій (ВР) ОД і параметрів енергодинамічного процесу, застосування двох напруг живлення та поетапна побудова тестової послідовності дають можливість приймати рішення про працездатність об’єкта діагностики з достовірністю не нижче заданої за прийнятний час.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жєрдев М.К. Концептуальні засади методу діагностування сучасних цифрових типових елементів заміни по форматним частотам перехідного процесу в шині живлення/М.К. Жердєв, В.О. Савран //Збірник наукових праці Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. –К.: ВІКНУ, 2016.-Вип. 52. – С. 20-32.

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

3.Лєнков Є.С., Толок І.В. Прогнозування складу і ресурсу угрупувань технічних об’єктів // Науковий журнал «Системи озброєння і військова техніка», Харків, 2018. –№3(55). –С. 78 –84.

4. Вишнівський В.В. Проблема побудови та впровадження автономних автоматизованих систем діагностування радіоелектронного озброєння / В.В. Вишнівський, В.В. Кузавков, Г.І. Гайдур // Науковий журнал Інформаційна безпека Східноукраїнский національний університет ім. Володимира Даля. –Луганськ, 2014. –Вип. № 4(16). –С. 151-157.

5. Lienkov S.V., Zhirov H.B., Tolok I.V., Lienkov Ye.S. // Simulation model of the adaptive maintenance procedure of complex radioelectronic facilities 2313-688X Radio Electronics, Computer Science, Control. ISSN: 1607-3274. 2020. N. 1. –P63-74. DOI 10.15588/1607-3274-2020-1-7.

6. Вишнівський В.В., Жердєв М.К., Лєнков С.В., Проценко В.А. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки. –М.: Сов. Радио, 2009. –224 с.

7. Шкуліпа П.А. Шляхи і методи підвищення ефективності автономних автоматизованих систем технічного діагностування радіоелектронних пристроїв спеціального призначення / П.А. Шкуліпа, М.К., Жердєв, С.В. Лєнков, Ю.О. Гунченко // Журнал «Сучасна спеціальна техніка», 2012. – № 3 (30). – С 69 – 74.

8. Лєнков С.В., Перегудов Д.О., Ликов О.І., Синіцин В.С. Діагностика виробів електронної техніки за сукупністю параметрів // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ "КПІ". – К., 2004. – №1. – С.92 – 96.

9. Надійність систем з надлишковістю: методи, моделі, оптимізація: [монографія] / Б. П. Креденцер [та ін. ; під наук. Ред. Д-ра техн. Наук, проф. Б. П. Креденцера; Нац. Техн. Ун-т України «Київ. Політехн. Ін-т». – К.: Фенікс, 2013. – 341 с.

10. Гахович С.В. Метод діагностування цифрових ТЕЗ // Зб. Наук. Пр. ВІТІНТУУ "КПІ". –Вип. No 4. –К.: ВІТІНТУУ "КПІ", 2004. – С. 24-30.

11. Жердєв М. К., Вишнівський В. В., Пампуха І. В., Скуйбіда О. Ю. Напрями розвитку систем контролю технічного стану і діагностування складних технічних систем. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Київ, 2006. № 3. С. 22–25.

REFERENCES:

1. Zhierdev M.K., Savran V.O. (2016) Kontseptualni zasady metodu diahnostuvannia suchasnykh tsyfrovykh typovykh elementiv zaminy po formatnym chastotam perekhidnoho protsesu v shyni zhyvlennia [Conceptual foundations of the method of diagnosing modern digital typical replacement elements by the format frequencies of the transition process in the power bus], Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko Kyiv National University.K. VIKNU, Issue 52, pp. 20-32.

2. Vyshnivskyi V.V., Zherdiev M.K., Lienkov S.V., Protsenko V.A.; pid red. Zherdieva M.K., Lienkova S.V. (2009),"Diahnostuvannia analohovykh i tsyfrovykh prystroiv radioelektronnoi tekhniky"[Diagnostics of analog and digital devices of radio electronic equipment],K.,TOV Kompaniia LIK, 224 p.

3. Lienkov Ye.S., Tolok I.V. (2018), Prohnozuvannia skladu i resursu uhrupuvan tekhnichnykh obiektiv [Forecasting the composition and resources of groups of technical objects], Scientific journal "Weapons systems and military equipment", Harkiv, N. 3 (55), pp.78-84.

4. Vyshnivskyi V.V., Kuzavkov V.V., Haidur H.I. (2014), Problema pobudovy ta vprovadzhennia avtonomnykh avtomatyzovanykh system diahnostuvanniaradioelektronnoho ozbroiennia [The problem of building and implementing autonomous automated systems for diagnosing radio-electronic weapons], Scientific Journal Information Security East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl. Luhansk, Vol. No. 4 (16). pp. 151-157.

5. Lienkov S. V., Zhirov H.B., Tolok I. V. Lienkov Ye. S. Simulation model of the adaptive maintenance procedure of complex radioelectronic facilities 2313-688X Radio Electronics, Computer Science, Control. ISSN: 1607-3274. 2020. N 1. –P63-74. DOI 10.15588/1607-3274-2020-1-7

6. Vyshnivskyi V.V., Zherdiev M.K., Lienkov S.V., Protsenko V.A.(2009), Diahnostuvannia analohovykh i tsyfrovykh prystroiv radioelektronnoi tekhniky[Diagnostics of analog and digital devices of radio electronic equipment], M. Sov. Radio, 224 p.

7. Shkulipa P.A., Zherdyev M.K., Lienkov S.V., Gunchenko Yu.O. (2012) "Shlyahi i metodi pidvishennya efektivnosti avtonomnih avtomatizovanih sistem tehnichnogo diagnostuvannya radioelektronnih pristroyiv specialnogo priznachennya " [Ways and methods of increasing the efficiency of autonomous automated systems technical diagnostics of special purpose radio electronic devices], Zhurnal Suchasna specialna tehnika, № 3 (30). pp 69 – 74.

8. Lienkov S.V., Peregudov D.O., Lykov O.I., Synicyn V.S. (2004) "Diagnostyka vyrobiv elektronnoyi texniky za sukupnistyu parametriv " [Diagnostics of electronic equipment products by a set of parameters], Collection of scientific works of VITI NTUU «KPI», K., N. 1.pp.92 – 96.

9. Kredencer B. P.(2013) “Nadijnist sistem z nadlishkovistyu: metodi, modeli, optimizaciya” [Reliability of systems with redundancy: methods, models, optimizatio], Nac. Tehn. Un-t Ukrayini «Kiyiv. Politehn, Feniks, 341 p.

10. Hakhovych S.V (2004), “Metod diahnostuvannia tsyfrovykh TEZ” [The method of diagnosing digital TES], Collection. Of science Ave. VITINTUU“KPI”, N.4 pp. 24-30.

11. Zherdiev M. K., Vyshnivs’kyj V. V., Pampukha I. V., Skujbida O. Yu (2006). Napriamy rozvytku system kontroliu tekhnichnoho stanu i diahnostuvannia skladnykh tekhnichnykh system. [Directions of development of technical condition control systems and diagnostics of complex technical systems], Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. K. N.3. pp. 22–25.

PhD. Okhramovych M., PhD Koval M., PhD Kravchenko O.
Shevchenko V.

DEVICE FOR DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF DIGITAL THESIS THAT USES ENERGY DYNAMIC PROCESS PARAMETERS

The article examines the structural and functional diagrams of the device for diagnosing existing and prospective typical digital replacement elements, which contain microprocessor-based on large integrated circuits and are part of the radio-electronic equipment of the Armed Forces of Ukraine. The principle of operation of the device is based on the use as diagnostic information of initial reactions (IR) of object of diagnosis and parameters of the energy-dynamic process. The use of two power supply voltages and the step-by-step construction of the test sequence (TS) makes it possible to make a decision about the operational efficiency of the object of diagnosis with reliability no lower than specified for an acceptable time. Decision-making about the technical condition of a typical replacement element and localization of defects is carried out with the help of a personal computer based on the theory of fuzzy logic. The computer is the core that provides the analysis of the available and received diagnostic information, the formation of test sequences (TS) and decision-making about the technical condition of the object of diagnosis. It allows you to quickly process a large amount of diagnostic information, carry out its analysis, storage and replenishment due to the knowledge of experts and the accumulation of statistics. This makes it possible to exclude some elementary test effects, the need for which is eliminated based on the results of the obtained data, as well as to reduce the number of sets in the TS, which leads to a reduction in diagnosis time. Step-by-step execution of commands and current analysis of the situation allows not only to carry out diagnostics up to the first faulty element, but also makes it possible to conduct a further search for faulty elements. The advantage of the proposed device is the possibility of increasing the reliability of diagnosis without increasing its duration.

Key words: energy-dynamic process, radio-electronic technology, test sequence, diagnostic object, source of diagnostic information, typical replacement element.

УДК 513.675

D.Sci. Tech. prof. **Polozhaenko S.A.** (OPNU)
D. Sci. Tech. prof. **Garaschenko F.G.** (OPNU)
Shevchenko A.M. (VIKNU)
Prokofieva L.L. (OPNU)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-09

METHODS OF MATHEMATICAL SIMULATION AND MACHINE IDENTIFICATION OF ANOMALOUS DIFFUSION PROCESSES

For the class of anomalous diffusion processes, the mathematical models of which are formalized in the form of variational inequalities in partial derivatives, a method of mathematical modeling based on the optimization procedure is proposed. The method is considered in relation to the generalized mathematical model of the studied class of anomalous diffusion processes. Which made it possible to ensure the principle of unification and typification in the application of this method, as well as the correctness of using the generalized mathematical model in applied problems of mathematical modeling of known industrial and practically important natural cases of anomalous diffusion processes. At the same time, the task of implementing mathematical models of anomalous diffusion processes based on the proposed method is reduced to finding the maximum of the Hamiltonian function defined in the state space of the processes under consideration. A method of parametric identification of mathematical models of anomalous diffusion processes in the formulation of the problem of optimal control is also proposed. The method is reduced to the use of the optimization procedure of the gradient projection method. The possibility of solving the problem of parametric identification in cases of both linear and non-linear mathematical models of anomalous diffusion processes is proved. Moreover, the nonlinear formulation of the parametric identification problem does not lead to computational implementation complications, since the solution is based only on finding the gradient projection of the state function of the anomalous diffusion process. The proposed methods are presented in strict compliance with the provisions of functional analysis, which ensures their correctness and adequacy in solving a wide range of applied problems.

Keywords: anomalous diffusion process, mathematical model, variation, variational inequality, optimization, principle of unification and typification, gradient, parametric identification.

Introduction. In a number of important applied tasks technological (or naturally) processes are characterized by deviations from well-known physical laws. In this regard these processes received in special literature the name anomalous (in particular, abnormal diffusive) [1 — 4]. First of all, the reological processes connected with mining can be an example of such processes. For the description of abnormal diffusive processes, as the adequate mathematical models (MM) it was offered to use the device of variation inequalities in private derivatives [5 — 8].

As it was shown in work [9], in practical appendices it is most convenient to use the following formalization of abnormal diffusive processes.

Let the function $\psi(t,\bar{z})$, defined on a bounded open set Ω of the space $\Re^n$, $n=1,2$, with smooth boundary Γ and the time interval $(0,t_k)$ for $t_k<\infty$, $Q=\Omega\times(0,t_k)$, $\Sigma=\Gamma\times(0,t_k)$ is the solution of the variational inequality

$$\psi\in K:\left(m(\bar{z})\frac{\partial\psi}{\partial t},v-\psi\right)+\left(B(\gamma)\psi,v-\psi\right)+j(v)-j(u)\geq$$

$$\geq\left(f,v-\psi\right)\quad\forall v\in H^1(\Omega),\tag{1}$$

$$\psi(0,\bar{z})=\psi_0(\bar{z}),\tag{2}$$

where the operator $B(\gamma)$ specifies a linear transformation $B(\gamma): H^1(\Omega) \to H^1(\Omega)$ and is defined by the bilinear form:

$$\left(B(\gamma)\psi, v-\psi\right) = \int_{\Omega}\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial\psi}{\partial z_i}\cdot\frac{\partial(v-\psi)}{\partial z_i}\right)d\bar{z}, \tag{3}$$

f – the driving function of the process, for which the operation $\left(f, v-\psi\right)$ coincides with the scalar product in $L^2(\Omega)$, i.e.

$$\left(f, v-\psi\right) = \int_{\Omega}\left[f(\bar{z}), v-\psi\right]d\Omega \text{ or } \left(f, v-\psi\right) = \int_{\Gamma}\left[f(\bar{z}), v-\psi\right]d\Gamma$$

(hereinafter, for simplicity, restrict ourselves to the tasks at the border Γ); $j(\cdot)$ — convex functionals defining the kind of physical process in reology and which are specified as follows

$$j(\cdot) = \int_{\Gamma}\varphi(\psi, \bar{z})\cdot\lambda(\psi)\,d\Gamma, \quad j(\cdot) = \int_{\Omega}\varphi(\psi, \bar{z})\cdot\lambda(\psi)\,d\Omega. \tag{4}$$

In the relation (4) accept that $\varphi(\cdot)$ – is a continuous function, $\lambda(\cdot)$ — is continuous differentiable or not having the properties of differentiable functions.

Space of admissible functions $\varphi(\cdot)$ and $\lambda(\cdot)$ are defined as $\Delta \in L^{\infty}(\overline{Q}), \Lambda \in L^{\infty}(\overline{Q})$ where it is assumed that $\varphi(\cdot), \lambda(\cdot) \in L^{\infty}(\overline{Q})$, $\overline{Q} = \overline{\Omega}\times(0, t_k)$ and the spaces Δ and Λ are Banach with respect to the norm

$$\left\|\varphi(\psi, \bar{z})\right\|_{\Delta} = \left\|\varphi(\psi, \bar{z})\right\|_{L^{\infty}(\overline{Q})}.$$

The aim of the study. The purpose of the research is to develop methods of numerical implementation (mathematical modeling) and parametric identification of mathematical models of anomalous diffusion processes, presented in the form of variational inequalities using the principle of unification and typification.

Presentation of the main research material. First, we will consider the method of computational implementation of mathematical models of anomalous diffusion processes. At the same time, based on the principle of unification and typification, in further considerations we will use the generalized MM of the studied processes.

1. Metod of mathematical modelling of abnormal diffusive processes. The proposed metod for solving variational inequalities of the form (1), (2) is based on the proof of the following statements.

To find the optimal solution $\psi(t, \bar{z})$ of the variational inequality (1), (2) there must exist a nonzero continuous function $p(t, \bar{z})$, so that at any time t in the interval $0 \le t \le T$ (T — time of physical processes) the Hamiltonian function $\widetilde{H}$ in the spatial domain Ω (or on its boundary Γ) would take the maximum value, where

$$\widetilde{H} = \left\langle\left(\left(B(\gamma)\widetilde{\psi}, \widetilde{v}-\widetilde{\psi}\right)+\phi(\widetilde{v})-\phi(\widetilde{\psi})-\left(\theta(\widetilde{\psi}, \widetilde{v}), \widetilde{v}-\widetilde{\psi}\right)-\left(f, \left(\widetilde{v}-\widetilde{\psi}\right)\right)\right), \widetilde{p}\right\rangle$$

Carry out a preliminary series of reforms to simplify the original formulation of the problem. Introduce the notation

$$\varphi\left(t, \bar{z}\right)\cdot\lambda\left(\psi\right) = \Phi(\psi), \quad \varphi\left(t, \bar{z}\right)\cdot\lambda\left(v\right) = \Phi(v)$$

and

$$\phi(\psi) = \int_{\Gamma}\Phi(\psi)\,d\Gamma, \quad \phi(v) = \int_{\Gamma}\Phi(v)\,d\Gamma.$$

In addition, introduce an additional unknown function $\theta\left(\psi, v\right)$, the structure corresponding to the functionals $j(\cdot)$, such that

$$\left(\theta(\psi,v),v-\psi\right)\geq 0 \quad \forall v\in K\,.$$

Taking into account the executed transformations introduce the relations (1), (2) in the form

$$\psi\in K:$$

$$\left(m(\bar{z})\frac{\partial\psi}{\partial t},v-\psi\right)+\left(B(\gamma),v-\psi\right)+\phi(v)-\phi(\psi)-$$
$$-\left(\theta(\psi,v),v-\psi\right)=\left(f,v-\psi\right)\quad\forall v\in K\,. \tag{5}$$
$$\psi(0,\bar{z})=\psi_0(\bar{z}), \tag{6}$$

To solve the problem of finding a state function $\psi(t,\bar{z})$, use an optimization procedure of the Pontryagin maximum principle [10], for which choose the following performance criterion

$$J=min\int_\Gamma\int_0^T|v-\psi|\,dtd\Gamma\,. \tag{7}$$

The physical meaning of this criterion follows from the next. The trial function $v(t,\bar{z})$ is some approximation of the unknown function $\psi(t,\bar{z})$, reflecting only the essence of physics in the specific process. Therefore, the adequacy of physical processes caused by the action of functions $v(t,\bar{z})$ and $\psi(t,\bar{z})$, is provided up to the accuracy within the difference between these functions. In this case, the integral difference between the trial $v(t,\bar{z})$ and the unknown $\psi(t,\bar{z})$ functions can be regarded as a quantitative measure or a penalty for the deviation of the actual flow of the process from its true value.

Obtain the necessary optimality conditions of the problems (5) (6), (7).

According to [6], introduce a new coordinate

$$\frac{\partial^2\sigma}{\partial t\,\partial z}=\left|v-\psi\right|^2\Big|_{z\in\Gamma}\,. \tag{8}$$

Thus, the original problem will be considered in $(n+1)$-dimensional space with the equation of dynamics

$$\tilde{\psi}\in K:$$

$$\left(m(\bar{z})\frac{\partial\tilde{\psi}}{\partial t},\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)+\left(B(\gamma),\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)+\phi(\tilde{v})-\phi(\tilde{\psi})-$$
$$-\left(\theta(\tilde{\psi},\tilde{v}),\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)=\left(f,\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)\quad\forall\tilde{v}\in K\,, \tag{9}$$

where

$$\tilde{\psi}=\left(\sigma,\psi_1,...,\psi_n\right),\quad \tilde{v}=\left(\sigma,v_1,...,v_n\right)$$

with the initial conditions

$$\tilde{\psi}(0,\bar{z})=\left[0,\psi_0(\bar{z})\right].$$

Assume that we have found $\psi(t,\bar{z})$. This condition corresponds to the relation

$$min\int_\Gamma\int_0^T\left|\tilde{v}-\tilde{\psi}\right|^2 dtd\Gamma\to J_{min}=J^*.$$

At $t=\tau\,(0\leq\tau\leq T)$ perform a needle-shaped variation with the duration ε. As a result of the variation performed the value of the functional J (7) changes

$$\hat{J}=\int_\Gamma\int_0^T\left|\tilde{v}-\tilde{\psi}\right|\,dtd\Gamma>J_{min}\,.$$

Write down the detailed result of the variation

$$\delta\tilde{v}=\tilde{v}-\tilde{\psi}=\varepsilon\{[\left(B(\gamma)\tilde{\psi},\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)+\phi(\tilde{v})-\phi(\tilde{\psi})-$$
$$-\left(\theta(\tilde{\psi},\tilde{v}),\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)-\left(f,(\tilde{v}-\tilde{\psi})\right)]-\left(B(\gamma)\tilde{\psi},\psi\right)+\phi(\tilde{\psi})-\left(\theta(\tilde{\psi}),\tilde{\psi}\right)-\left(f,\tilde{\psi}\right)\}_{t=\tau}. \tag{10}$$

Express $\tilde{v}$ through the variation and optimal function of the state

$$\tilde{v} = \tilde{\psi} + \delta\tilde{v} . \tag{11}$$

Substituting (11) into (9), obtain

$$\tilde{\psi} \in K :$$

$$\left(m(\bar{z})\frac{\partial\tilde{\psi}}{\partial t}, (\tilde{\psi} + \delta\tilde{v}) - \tilde{\psi} \right) = \left(B(\gamma)\tilde{\psi}, (\tilde{\psi} + \delta\tilde{v}) - \tilde{\psi} \right) + \phi(\tilde{\psi} + \delta\tilde{v}) - \phi(\tilde{\psi}) -$$
$$- \left(\theta(\tilde{\psi}, (\tilde{\psi} + \delta\tilde{v})), (\tilde{\psi} + \delta\tilde{v}) - \tilde{\psi} \right) - \left(f, (\tilde{\psi} + \delta\tilde{v}) - \tilde{\psi} \right) \quad \forall\tilde{v} \in K . \tag{12}$$

For further transformations use the coordinate-wise analog (12)

$$\tilde{\psi}_i \in K :$$

$$\left(m(\bar{z}_i)\frac{\partial\tilde{\psi}_i}{\partial t}, (\tilde{\psi}_i + \delta\tilde{v}_i) - \tilde{\psi}_i \right) =$$
$$= \left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i, (\tilde{\psi}_i + \delta\tilde{v}_i) - \tilde{\psi}_i \right) + \phi(\tilde{\psi}_i + \delta\tilde{v}_i) - \phi(\tilde{\psi}_i) -$$
$$- \left(\theta(\tilde{\psi}_i, (\tilde{\psi}_i + \delta\tilde{v}_i)), (\tilde{\psi}_i + \delta\tilde{v}_i) - \tilde{\psi}_i \right) - \left(f, (\tilde{\psi}_i + \delta\tilde{v}_i) - \tilde{\psi}_i \right) \quad \forall\tilde{v}_i \in K ;$$
$$i = 0,1,...,n . \tag{13}$$

Expand (13) in Taylor series and restrict the consideration with the quantities of 1-th order of infinitesimality

$$m(z_i)\left(\frac{\partial\tilde{\psi}_i}{\partial t} + \frac{\partial\tilde{v}_i}{\partial t} \right) =$$
$$= \left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i, \tilde{\psi}_i \right) + \phi(\tilde{\psi}_i) - \left(f, \tilde{\psi}_i \right) +$$
$$+ \sum_{i=0}^{n} \frac{\partial\left[\left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i, \tilde{\psi}_i \right)_i + \phi(\tilde{\psi}_i) - \left(f, \tilde{\psi}_i \right) \right]}{\partial\tilde{v}_i} \delta\tilde{v}_i ,; \quad i = 0,1,...,n . \tag{14}$$

From (14) it follows that

$$m(z_i)\frac{\partial\tilde{v}_i}{\partial t} = \sum_{i=0}^{n} \frac{\partial\left[\left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i, \tilde{\psi}_i \right) + \phi(\tilde{\psi}_i) - \left(f, \tilde{\psi}_i \right) \right]}{\partial\tilde{v}_i} \delta\tilde{v}_i ; \quad i = 0,1,...,n . \tag{15}$$

Now turn to $t = T$. Define a variation of the functional at $t = T$

$$\delta J_{t=T} = \hat{J} - J_{min} > 0 \quad \text{or} \quad -\delta J_{t=T} = -\delta\sigma_{Нв=\hat{I}} \le 0 .$$

Introduce the variable $\tilde{p}(t, \bar{z})$ so that when $t = T$ this condition is satisfied

$$-\delta J_{t=T} = -\delta\sigma(T) = \left\langle \delta\tilde{v}, \tilde{p} \right\rangle_{t=T} . \tag{16}$$

Coordinate wise analog (16) is as follows

$$-\delta J_{t=T} = -\delta\sigma(T) = \left\langle \delta\tilde{v}_i, \tilde{p}_i \right\rangle_{t=T}; \quad i = 0,1,...,n .$$

Since $\delta\sigma(T) > 0$, in order to satisfy this relation there should take place:

$$p^0(T, \bar{z}_i) = -1; \; p_j(T, \bar{z}) = 0,$$

where $i = 0,1,...,n; \; j = 1,...,n$.

Thus, if the optimal solution is not found, then $-\delta J < 0$, and for the optimal solution $-\delta J = 0$ is valid, since the variation of functional must be zero for the optimal solution.

Associate a variable $\tilde{p}(t, \bar{z})$ to the dynamic equation of the process observed through trial function $v(t, \bar{z})$. Find a variable $\tilde{p}(t, \bar{z})$ which satisfies

$$\left\langle \delta\tilde{v}(t, \bar{z}), \tilde{p}(t, \bar{z}) \right\rangle = \left\langle \delta\tilde{v}(T, \bar{z}), \tilde{p}(T, \bar{z}) \right\rangle_{\tau+\varepsilon \le t \le T} = const .$$

Then we have

$$\frac{\partial}{\partial t}\left\langle \delta\tilde{v}(t, \bar{z}), \tilde{p}(t, \bar{z}) \right\rangle = \left\langle \frac{\partial\,\delta\tilde{v}(t, \bar{z})}{\partial t}, \tilde{p}(t, \bar{z}) \right\rangle + \left\langle \frac{\partial\, v\tilde{p}(t, \bar{z})}{\partial t}, \delta\tilde{v}(t, \bar{z}) \right\rangle_{\tau+\varepsilon \le t \le T} = 0 . \tag{17}$$

Coordinatewise analog (17) is

$$\sum_{i=0}^{n}\frac{\partial\delta\tilde{v}_i(t,\bar{z})}{\partial t},\tilde{p}_i(t,\bar{z})+\sum_{i=0}^{n}\delta\tilde{v}_i(t,\bar{z})\frac{\partial\tilde{p}_i\tilde{v}_i(t,\bar{z})}{\partial t}=0;\ \ i=0,1,...,n. \tag{18}$$

Substitute in (18) the value of the derivative $\frac{\partial\delta\tilde{v}(t,\bar{z})}{\partial t}$ from (15)

$$m(z_i)\sum_{i=0}^{n}\tilde{p}_i\times\sum_{i=0}^{n}\frac{\partial\left[\left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i,\tilde{\psi}_i\right)+\phi(\tilde{\psi}_i)-\left(f,\tilde{\psi}_i\right)\right]}{\partial\tilde{v}_i}\delta\tilde{v}_i+$$

$$+\sum_{i=0}^{n}\delta\tilde{v}_i\frac{\partial\tilde{p}}{\partial t}=0;\ \ i=0,1,...,n. \tag{19}$$

Change the order of summation in (19)

$$m(z_i)\sum_{i=0}^{n}\delta\tilde{v}_i+\left[\sum_{i=0}^{n}\tilde{p}_i\frac{\partial\left[\left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i,\tilde{\psi}_i\right)+\phi(\tilde{\psi}_i)-\left(f,\tilde{\psi}_i\right)\right]}{\partial\tilde{v}_i}+\frac{\partial\tilde{p}_i}{\partial t}\right]=0;$$

$$i=0,1,...,n.$$

Finally get

$$\frac{\partial\tilde{p}_i}{\partial t}=-\sum_{i=0}^{n}\frac{\partial\left[\left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i,\tilde{\psi}_i\right)+\phi(\tilde{\psi}_i)-\left(f,\tilde{\psi}_i\right)\right]}{\partial\tilde{v}_i}\tilde{p}_i;\ \ i=0,1,...,n.$$

Note that this equation is the dual of (5), and the variable $\tilde{p}(t,\bar{z})$ is expressed through the function of phase.

Again turn to the variation of functional (7) at $t=T$

$$-\delta J_{t=T}=\left\langle\delta\tilde{v}(t,\bar{z}),\tilde{p}(t,\bar{z})\right\rangle_{t=T}=0.$$

Replace the variation $\delta\tilde{v}$ with the value of (10), reduce by ε and, since τ can be arbitrary, obtain

$$\left\langle\left(\left(B(\gamma)\tilde{\psi},\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)+\phi(\tilde{v})-\phi(\tilde{\psi})-\left(\theta(\tilde{\psi},\tilde{v}),\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)-\left(f,(\tilde{v}-\tilde{\psi})\right)\right),\tilde{p}\right\rangle_{t=\tau}-$$

$$-\left\langle\left(\left(B(\gamma)\tilde{\psi},\tilde{\psi}\right)+\phi(\tilde{\psi})-\left(f,\tilde{\psi}\right)\right),\tilde{p}\right\rangle_{t=T}=0. \tag{20}$$

From (20) it follows that the second summand in it corresponds to the optimal solution of the variational inequality (5). In the case when the optimal solution $\psi(t,\bar{z})$ is found, variation of functional J will be zero, i.e. $\delta J=0$. Given this, the first summand in (20), defined by the Hamiltonian function

$$\tilde{H}=\left\langle\left(\left(B(\gamma)\tilde{\psi},\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)+\phi(\tilde{v})-\phi(\tilde{\psi})-\left(\theta(\tilde{\psi},\tilde{v}),\tilde{v}-\tilde{\psi}\right)-\left(f,(\tilde{v}-\tilde{\psi})\right)\right),\tilde{p}\right\rangle, \tag{21}$$

should take the maximum value. Thus, the above statement is proven. Let's show the possibility of determining the maximum value of Hamiltonian function.

Coordinatewise analog (21) is defined by

$$\tilde{H}=\left\langle\left(\left(B(\gamma)\tilde{\psi}_i,\tilde{v}_i-\tilde{\psi}_i\right)+\phi(\tilde{v}_i)-\phi(\tilde{\psi}_i)-\left(\theta(\tilde{\psi}_i,\tilde{v}_i),\tilde{v}_i-\tilde{\psi}_i\right)-\left(f,(\tilde{v}_i-\tilde{\psi}_i)\right)\right),\tilde{p}_i\right\rangle;$$

$$i=0,1,...,n. \tag{22}$$

To maximize the value of the function $\tilde{H}$, it's necessary to set all the partial derivatives of this function to zero by a testing variable $v(t,\bar{z})$, that taking into account (22) gives the system of equations

$$\frac{\partial\tilde{H}}{\partial v_i}=0;\ \ i=0,1,...,n. \tag{23}$$

Coordinate wise analog (22) contains $(n+1)$ of v_i functions, $(n+1)$ of θ_i functions and $(n+1)$ of p_i functions. Since the equations (23) are only $(n+1)$, and the unknown are $(3n+3)$, then the system (23) cannot be solved. To solve (23) define also the partial derivatives

$$\frac{\partial \widetilde{H}}{\partial \theta_i} = \widetilde{p}_i; \quad i = 0,1,...,n. \tag{24}$$

$$\frac{\partial \widetilde{H}}{\partial p_i} = \left[m(\bar{z}_i) \frac{\partial \widetilde{\psi}_i}{\partial t}, \widetilde{v}_i - \widetilde{\psi}_i \right], \quad i = 0,1,...,n. \tag{25}$$

In this case, the solution of (23) can be obtained.
As a result of the reasoning done, the scheme of the algorithm for solving variational inequality (5) using the maximum principle can be represented as follows:

1. The dynamic equation (9), subject to the additional coordinate σ is written down.

2. An auxiliary function (Hamilton) $\widetilde{H}$ in accordance with the expression (22) is compiled.

3. A test function $v(t,\bar{z})$ that delivers maximum $\widetilde{H}$ functions in accordance with the expression (23) is determined. For the redefinition of the independent variables θ and p the system (23) is supplemented with equations (24) and (25).

4. The unknown variable $\psi(t,\bar{z})$ is determined by the test variable $v(t,\bar{z})$, which gives the maximum value of function $\widetilde{H}$.

2. Method of parametrical identification of abnormal diffusive processes. At statement of an inductive task (1) – (4), the method focused on numerical machine realization can be offered parametrical identification of MM of a look. The essence of a method consists in the following
It agrees [11], to MM (1) – (4) (in increments) it is possible to present in a look

$$-\frac{m\,\partial(\Delta\psi)}{\partial t} - \int_{\Omega} \sum_{i=1}^{n} \left[B(\gamma) \frac{\partial^2(\Delta\psi)}{\partial z_i^2} |\Delta v| \right] dz \geq \sum_{j=1}^{k} \zeta_j(z) f_j; \quad \forall \psi, v \in K \tag{26}$$

$$\Delta\psi(0,z) = \Delta\psi_0(z), \tag{27}$$

where $\psi = \psi(t,z)$ — sought function; $v = v(t,z)$ - trial function; K - a lot, of that is defined functions $\psi = \psi(t,z)$ and $v = v(t,z)$; f - exciting function; k - number of exciting functions; $\zeta(z)$- Dirac's function; $m = m(\cdot)$ and $B = B(\cdot)$ - identified parameters.

As criterion of quality of the solution of a problem of identification we will accept functionality of a look

$$J[m(\cdot), B(\cdot)] = \sum_{j=1}^{k} \left\{ \int_{T_j} \left[\psi'(t,z,m,B) - F_j^{\psi}(t) \right]^2 dt \right\}, \tag{28}$$

where $\psi'(t,z,m,B)$ - exact values sought functions; $F_j^{\psi}(t)$ - measured values of the sought function; T - time of measurements.

Let's show that the accepted criterion of quality will be differentiable in any point of spatial area $\bar{z} \in \Omega$ (including and its border Γ), i.e. an increment (28) equal

$$\Delta J = J\left[\left(m + h^m\right), \left(B + h^B\right) \right] - J(m,B)$$

represent able in a look

$$\Delta J = \int_{\Omega} \left\{ \left[J'(m,B) h^m \right] dz + \left[J'(m,B) h^B \right] dz \right\} + \left[O\left(\left\| h^m \right\|_{L^2} \right) + O\left(\left\| h^B \right\|_{L^2} \right) \right], \tag{29}$$

where $J'(m,B)$ — some function from $L^2(\Omega)$; $O\left(\left\| h^m \right\|_{L^2} \right)$ and $O\left(\left\| h^B \right\|_{L^2} \right)$ - residual members

such, that $\lim\limits_{\alpha^m \to 0}\left[O\left(\alpha^m\right)\left(\alpha^m\right)^{-1}\right]=0$, $\lim\limits_{\alpha^m \to 0}\left[O\left(\alpha^m\right)\left(\alpha^m\right)^{-1}\right]=0$.

Let's write down formally a functionality increment

$$\Delta J=\sum_{j=1}^{k}\left\{\int_{\Omega}\left\{\left[\psi\left(t,z_j,v,B\right)+\Delta\psi\left(t,z_j\right)-F_j^{\psi}\left(t\right)\right]^2-\left[\psi\left(t,z,m,B\right)-F_j^{\psi}\left(t\right)\right]\right\}dz\right\}=$$

$$=\sum_{j=1}^{k}\left\{\int_{\Omega}\left\{\left\{\left[\psi\left(t,z,m,B\right)-F_j^{\psi}\left(t\right)\right]+\Delta\psi\left(t,z_j\right)\right\}^2-\left[\psi\left(t,z_j,v,B\right)-F_j^{\psi}\left(t\right)\right]\right\}dz\right\}=$$

$$=\sum_{j}^{k}\left\{\left\{\int_{\Omega}2\left[\psi\left(t,z,m,B\right)-F_j^{\psi}\left(t\right)\right]\Delta\psi\left(t,z\right)dz+\int_{\Omega}\Delta\psi^2\left(t,z\right)\right\}\right\}. \qquad (30)$$

Let's transform this expression to a look (29). For this purpose we will enter into consideration of function $p_{\psi}^{*}\left(t,z\right)\equiv p_{\psi}^{*}\left(t,z,m,B\right)$ as the solution of the following regional task

$$-\frac{m\,\partial\, p_{\psi}^{*}}{\partial t}\left(v-\psi\right)-\int_{\Omega}\sum_{i=1}^{n}\left[B\left(\gamma\right)\frac{\partial^2 p_{\psi}^{*}}{\partial z_i^2}\left|\Delta v\right|\right]dz\geq\sum_{j=1}^{k}\zeta_j\left(z\right)f_j;\quad\forall\psi,v\in K, \qquad (31)$$

$$p_{\psi}^{*}\big|_{t=t_k}=2\left[\psi\left(t_k,z,m,B\right)-F_j^{\psi}\left(t\right)\right],\ p_{\psi}^{*}\big|_{t=t_k},\quad\forall z\in\Omega. \qquad (32)$$

The first integral in the first composed in the right part of equality (30) taking into account (26), (27), (31), (32) it will be transformed so

$$I=2\left[\psi\left(t,z,m,B\right)-F_j^{\psi}\left(t\right)\right]\Delta\psi\left(t,z\right)dz=$$

$$=\int_{\Omega}p_{\psi}^{*}\left(t_k,z_j\right)\Delta\psi\left(t_k,z_j\right)=\int_{\Omega}\left[\int_{0}^{t_k}\frac{\partial}{\partial t}\left(p_{\psi}^{*},\Delta\psi\right)dt\right]dz=$$

$$=\int_{\Omega}\int_{0}^{t_k}\left[\frac{\partial p_{\psi}^{*}}{\partial\psi}\Delta\psi+p_{\psi}^{*}\frac{\partial\left(\Delta\psi\right)}{\partial t}\right]dt\,dz=\int_{\Omega}\int_{0}^{t_k}\left\{\frac{1}{m(\cdot)}\left\{\sum_{i=1}^{n}\left[B(\cdot)\frac{\partial^2 p_{\psi}^{*}}{\partial z_i^2}\left|v\right|\right]\right\}\Delta\psi+\right.$$

$$\left.+p_{\psi}^{*}\left\{\sum_{i=1}^{nk}\left[B(\cdot)\frac{\partial^2 p_{\psi}^{*}}{\partial z_i^2}\left|\Delta v\right|\right]\right\}\right\}dt\,dz.$$

Integrating the last expression in spatial area, we will receive the following result

$$I_{\psi}{}'=\int_{0}^{t_k}\left\{\frac{1}{m(\cdot)}\left\{\sum_{i=1}^{n}\left[B(\cdot)\frac{\partial^2 p_{\psi}^{*}}{\partial z_i^2}\left|v\right|\right]\right\}\Delta\psi+p_{\psi}^{*}\left\{\sum_{i=1}^{n}\left[B(\cdot)\frac{\partial^2 p_{\psi}^{*}}{\partial z_i^2}\left|\Delta v\right|\right]\right\}\right\}\Bigg|_{\Omega}dt=$$

$$=\int_{0}^{t_r}\frac{1}{m(\cdot)}\left[\left(\sum_{i=1}^{n}B(\cdot)p_{\psi}^{*}\left|v\right|\right)\right]\Delta\psi\,dt. \qquad (33)$$

Here, and further, designation $(\cdot)$ determines as the linear (from space), and non-linear (from required function) parameter. The second integrals in composed in the right part (30) the members of the look $\left[O\left(\left\|h\right\|_{L_2}^{\psi}\right)\right]$, presented in (29) and written down for spatial problem definition define. Let's have in this case

$$\Delta J=\int_{\Omega}\frac{1}{m(\cdot)}\left[\left(\sum_{i=1}^{n}B(\cdot)p_{\psi}^{*}\left|v\right|\right)\right]h^{\psi}dz+O\left(\left\|h\right\|_{L_2}^{\psi}\right), \qquad (34)$$

and, the step h^{ψ} determines cooperative value by steps h^{m} and h^{B}. As a result we will receive that the increment of functionality (28) is represented in the form of expression

$$\Delta J = \int_{\Omega} \frac{1}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right] h^{\psi} dz + O\left(\|h\|_{L_2}^{\psi} \right).$$

Thus, required representation (29) for functionality (28) is received, and the gradient of this functionality looks like

$$J'[m(\cdot), B(\cdot)] \equiv \frac{1}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right], \quad \forall z \in \Omega, t \in [0, t_k]. \tag{35}$$

Further, having a gradient (35) and using procedure of a method of a projection of the gradient [11], defined by ratios

$$Q = \{ q(t) : q(t) \in L_2[0, t_k], a \le q(t) \le b, \forall t \in [0, t_k] \}$$

$$Pr_q[q(t)] = \begin{cases} q(t), & a \le q(t) \le b, \\ a, & q(t) < a, \\ b, & q(t) > b. \end{cases}$$

For identified functions $m(\cdot)$ and $B(\cdot)$ also we will receive final ratios on an offered method of parametrical identification

$$m_{u+1}(\cdot) = \begin{cases} m_r - \dfrac{\alpha_m}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right]; \\ m_{min} \le m_r - \dfrac{\alpha_m}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right] \le \\ \le m_{max}; \\ m_{min}, m_r - \dfrac{\alpha_m}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right] < m_{min}; \\ m_{max}, m_r - \dfrac{\alpha_m}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right] > m_{max}, \end{cases}$$

$$B_{u+1}(\cdot) = \begin{cases} B_r - \dfrac{\alpha_B}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right]; \\ B_{min} \le B_r - \dfrac{\alpha_B}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right] \le \\ \le B_{max}; \\ B_{min}, B_r - \dfrac{\alpha_B}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right] < B_{min}; \\ B_{max}, B_r - \dfrac{\alpha_B}{m(\cdot)} \left[\left(\sum_{i=1}^{n} B(\cdot) p_{\psi}^{*} |v| \right) \right] > B_{max}, \end{cases}$$

where α_m and α_B - method parameters, defined by practical consideration, r — step of the numerical decision.

Conclusion. The conducted numerical researches showed that the offered methods of mathematical model operation and parametrical identification of the abnormal diffusion processes, based on iterative procedures of optimization possess good convergence (the decision is reached no more, than for 8 – 10 iterations) at accuracy of the decision 0,2% are not lower.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бернадинер, М.Г., Ентов, В.М. Гидродинамическая теория фильтрации аномальных жидкостей. М.: Наука, 1975. 199 с.

2. Положаенко, С.А. Оптимизационный подход к исследованию моделей объектов, представленных в виде вариационных неравенств / Автоматизация, автоматика, электротехнические комплексы и системы. 2002. Т.1. С. 6-12.

3. Положаенко, С.А. Математические модели процессов течения аномальных жидкостей / Моделирование и информационные технологии: Сборник науч. Трудов ИПМЕ. 2001. Т. 9. С. 14-21.

4. Ажогин, В.В. Автоматизированное проектирование математического обеспечения АСУ ТП. К.: Вища школа, 1986. 334 с.

5. Дюво, Г., Лионс, Ж.-Л. Неравенства в механике и физике. М.: Наука, 1980. 383 с.

6. Киндерлерер, Д., Стампакья, Г. Введение в вариационные неравенства и их приложения. М.: Мир, 2001. 256 с.

7. Панагиатопулос, П. Неравенства в механике и приложениях. Выпуклая и невыпуклая функция энергии. М.: Мир, 1999. 494 с.

8. Верлань, А.Ф., Положаенко, С.А., Сербов, М.Г. Математическое моделирование аномальных диффузионных процессов. К.: Наукова думка, 2011. 416 с.

9. Мацевитый, Ю.М., Прокофьев, В.Е. Моделирование нелинейных процессов в распределенных системах. К.: Наукова думка, 1985. 302 с.

10. Понтрягин, Л.С., Болтянский, В.Г., Гамкрелидзе, Р.В., Мищенко, Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1985. 352 с.

11. Polozhaenko, S.A., Grigorenko, Yu.V., Babiychuk, O.B. Qualitative analysis of identification problem for water-oil reservoirs by parameters of mathematical model settings / Электротехника и компьютерные системы. 2013. 9(85). С. 89-97.

REFERENCES**:**

1. Bernardiner, M.G., Entov, V.M. (1975), "*Gidrodinamicheskaya teoriya fil'tratsii anomal'nyh zhidkostey*" [Hydrodynamic Theory of Filtration of Anomalous Liquids], Nauka, Moscow, 199 p.

2. Polozhaenko, S.A. (2002), "Optimizatsionniy podhod k issledovaniyu modeley objektov, predstavlennyh v vide variatsionnyh neravenstv" [Optimization approach to the study of object models represented as variational inequalities], *Automatics. Automation. Electrical Complexes and Systems*, 1, pp. 6-12.

3. Polozhaenko, S.A. (2001), "Matematicheskie modeli protsessov techeniya anomal'nyh zhidkostey" [Mathematical models of processes of flow of anomalous liquids], *Modeling and Information Technologies*, 9, pp. 14-21.

4. Azhogin, V.V. (1986), "*Avtomatizirovannoe proektirovanie matematicheskogo obespecheniya ASU TP*" [Computer-Aided Software Design for Automated Process Control Systems], Vyscha Shkola, Kyiv, 334 p.

5. Duvuat, G., Lions, J.L. (1980), "*Neravenstva v mechanike I fizike*" [Inequalities in Physics and Mechanics], Nauka, Moskow, 383 p.

6. Kinderlehrer, D., Stampacchia, G. (2001), "*Vvedenie v variatsionnye neravetstva I ih prilozheniya*" [An Introduction to Variational Inequalities and Their Applications], Mir, Moscow, 256 p.

7. Panagiotopoulos, P. (1999), "*Neravenstva v mechanike I prilozheniyah. Vypuklaya I nevypuklaya funktsiya energii*" [Inequality Problems in Mechanics and Applications. Convex and Nonconvex Energy Functions], Mir, Moscow, 494 p.

8. Verlan', A.F., Polozhaenko, S.A., Serbov, M.G. (2011), "*Matematicheskoye modelirovanie anomal'nyh diffuzionnyh protsessov*" [Mathematical modeling of anomalous diffusion processes], Naukova Dumka, Kyiv, 416 p.

9. Matsevityy, Yu.M., Prokofiev, V.E. (1985), "*Modelirovanie nelineynyh protsessov v raspredelennyh sistemah*" [Modeling of Nonlinear Processes in Distributed Systems], Naukova Dumka, Kyiv, 302 p.

10. Pontryagin, L.S., Boltyanskiy, V.G., Gamkrelidze, R.V., Mischenko, E.F. (1985), "*Matematicheskaya teoriya optimal'nyh protsessov*" [Mathematical Theory of Optimal Processes], Nauka, Moscow, 352 p.

11. Polozhaenko, S.A., Grigorenko, Yu.V., Babiychuk, O.B. (2013), "Qualitative analysis of

identification problem for water-oil reservoirs by parameters of mathematical model settings", *Electrotechnic and Computer Systems*, 9, pp. 89-96.

Д.т.н., проф. Положаєнко С.А., д.т.н., проф. Гаращенко Ф.Г.,
Шевченко А.М., Прокофьєва Л.Л.

Для класу аномальних дифузійних процесів, математичні моделі яких формалізовано у вигляді варіаційних нерівностей у частинних похідних, запропоновано метод математичного моделювання на основі процедури оптимізації. Метод розглянуто відносно узагальненої математичної моделі досліджуваного класу аномальних дифузійних процесів. Що дало змогу забезпечити принцип уніфікації та типізації у застосуванні даного методу, а також коректність використання узагальненої математичної моделі в прикладних задачах математичного моделювання відомих промислових та практично важливих природних випадків аномальних дифузійних процесів. При цьому задача реалізації математичних моделей аномальних дифузійних процесів на основі запропонованого методу зводиться до пошуку максимуму функції Гамільтона, визначеної у просторі станів процесів, які розглядаються. Також запропоновано метод параметричної ідентифікації математичних моделей аномальних дифузійних процесів у постановці задачі оптимального управління. Метод зводиться до використання оптимізаційної процедури методу проекції градієнта. Доведено можливість розв'язання задачі параметричної ідентифікації у випадках як лінійної, так і нелінійної математичних моделей аномальних дифузійних процесів. Причому, нелінійна постановка задачі параметричної ідентифікації не призводить до ускладнень обчислювальної реалізації, оскільки розв'язок ґрунтується лише на віднаходженні проєкції градієнта функції стану аномального дифузійного процесу. Запропоновані методи викладено із строгим дотриманням положень функціонального аналізу, що забезпечує їхню коректність та адекватність при розв'язуванні широкого кола прикладних задач.

Ключові слова: аномальний дифузійний процес, математична модель, варіація, варіаційна нерівність, оптимізація, принцип уніфікації та типізації, градієнт, параметрична ідентифікація.

УДК 8.81.81

к.т.н. **Бабіч О.М.** (ВІКНУ)
Колодка Ю.О. (ВІКНУ)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-10

ОСОБЛИВОСТІ НАРАТИВІВ ВІЙНИ В УКРАЇНІ, ПОШИРЮВАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ КРАЇН-УЧАСНИКІВ І ПРОВІДНИХ ДЕРЖАВ СВІТУ

У даній статті вивчено складові та змістове наповнення, які використовувались противниками України та її союзниками для формування наративів на початку та в ході війни рф в Україні. Зокрема таких, які розповсюджені в інформаційному просторі найбільш впливових держав світу (країн "Великої сімки"), та всередині самої України, призначені для впливу на населення західного регіону. Дослідження стану в цій галузі свідчить, що феномен наративу досить ретельно опрацьований за кордоном, зокрема в країнах США та Європи. Що дає змогу використовувати напрацювання у галузях, які в Україні наразі є необхідними та надзвичайно перспективними: стратегічної комунікації, зв'язках з громадськістю, інформаційно-аналітичній діяльності тощо. Наративи щодо подій війни рф в Україні розподілено по групах, відповідно до регіону - в інформаційному просторі як України, так і за її межами. Викладено зміст наративів, властивих кожній групі. Досліджено особливості формування наративів під час війни рф в Україні у середовищах: в інформаційному просторі Західної України на початку вторгнення; в інформаційному просторі найбільш впливових держав світу, що задають тенденції у світовій політиці й економіці та визначають розвиток подій, який впливає на подальший шлях багатьох країн світу. Також досліджено особливості наративів в інформаційному просторі країн (об'єднань країн), які підтримують сторони війни. В ході аналізу новинного контенту ЗМІ країн-учасників війни та держав-союзників приділено увагу як лінгвістичним особливостям текстів, так і їх прагматичним складовим. В ході аналізу даних визначено основні теми, до яких здійснюється відсилання в повідомленнях, трансльованих на певні аудиторії, та основні напрями цільового спрямування інформації. Виявлено тенденцію протиріч у змісті наративів, які властиві ЗМІ країн Заходу (США і Західна Європа) і Сходу (Китай та Іран) із відповідною підтримкою ними найбільш резонансних тем інформаційного супроводження подій кожною зі сторін – прибічників війни.Визначено напрями подальшого вивчення та впорядкування даних у дослідженні наративу потребує опрацювання. І розвиток подій свідчить, що цей напрям не варто ігнорувати.

Ключові слова: наратив, інформаційний простір, аудиторія, поширення, цільова спрямованість.

Вступ та постановка задачі . Інформаційне супроводження сторін відіграє важливу роль у воєнних конфліктах, за допомогою нього визначається загальна характеристика учасників та проводиться належне трактування подій та обстановки.

Особливої уваги під час війни потребує новинний контент, який наповнює інформаційний простір. Оскільки у його формуванні беруть участь ЗМІ як власні, так і країни-противника і протиборчих геополітичних об'єднань. Важливим у розробці вказаного є формування наративу. Згідно визначень вітчизняних вчених, **наратив** — це опис подій з певної точки зору. У наративних розповідях події не є онтологічними, вони створюються в процесі самої оповіді й одразу ж інтерпретуються [1]. Це мережа причинно-наслідкових зв'язків, що розкривають, що і з чого випливає. Наративи задають причини військових дій, щоб виправдати їх в очах свого населення та всього світу [2]. Отже, формування наративів із володінням відповідними знаннями та вміннями щодо цього становить окремий розділ, який слід опанувати фахівцям з масових комунікацій та інформаційно-аналітичної діяльності.

Наратив є типовою формою, за допомогою якої люди намагаються пояснювати світ. Наративна війна дозволяє зробити так, щоб супротивник розцінював події за допомогою наративу, створеного іншою стороною. Наратив задає межі між правильним і неправильним

світами. Це літературний формат, найпоширеніший у всі часи. З цієї причини він виявився затребуваним і в інформаційних процесах під час війни росії (рф) в Україні.

Перемога в наративній війні приходить разом із заміною одного домінуючого наративу на інший. В результаті аплодують не переможцю, а наративу.

Все це призводить до загального висновку, що з використанням все більш різноманітних та удосконалених технологій формування інформаційного супроводження зростає важливість не факту у фізичному просторі, а наративу у віртуальному просторі. А віртуальність дає також безліч варіантів, причому і таких, які можуть врятувати ситуацію у фізичному просторі [2].

Дослідження наративу в аспекті стратегічної комунікації проводилось у [3]; у [4] вивчено феномен наративу з погляду політичної комунікації, з урахуванням напрацювань суміжних наук (соціології, психології, лінгвістики), у [5] представлено теоретичні основи дослідження наративу в сучасній лінгвістичній парадигмі.

Огляд зарубіжних наукових досліджень свідчить, що вивчення явища наративу у країнах Заходу має більш розвинуту історію і відповідні наукові та практичні напрацювання. Аналіз зарубіжних наукових видань показав активну увагу фахівців до цього напряму та практичне використання напрацювань в різних галузях суспільного життя та інформаційної діяльності. Так, в [6] представлено важливість нових підходів у методології розвитку наративу та визначено важливу роль дослідження наративу (Narrative inquiry) та взаємозв'язок в інформаційній діяльності. Щодо проблем в опрацюванні даних та необхідності правильного розуміння аналізу наративу та застосування у ньому гнучких методичних підходів, йдеться у [7].

У [8] запроваджено нові об'єкти уваги у дослідженні наративу та запропоновано вивчати не лише тексти, але й інші наративні конструкції - зображення (меми). За якими можна спостерігати за розвитком сценаріїв у політичному, психологічному та соціальному напрямах. У [9] досліджено осередки діаспор та проблеми міграції, правильне формування наративів у яких важливо для вирішення їх соціальних проблем. З підкресленням важливості вмінь для створення наративів у соціальному середовищі.

Щодо подій, які визначили в Україні 2022 рік - нападу на неї російських загарбницьких військ; а також навичок його формування та аналізу, то його особливості вже отримали увагу фахівців з масових комунікацій та вчених. Зокрема, у [2] розглядається роль наративу у воєнний час, досліджено, які саме наративи були властиві росії з початку розв'язаної її урядом війни в Україні, зі встановленням наслідків такої інформаційної пропаганди.

У війні, розв'язаній рф в Україні, за допомогою наративів в громадську свідомість впроваджуються основні інформаційні віруси. За допомогою власних наративів сторони війни формують власний інформаційний простір та впливають на власну аудиторію і на аудиторії, які потрапляють в їх інформаційний простір автоматично при ознайомленні зі змістом. Наративом можуть поширюватись маніпулятивні ідеї, у такому випадку вони використовуються у якості психологічної зброї.

Виходячи з важливого значення наративу, який може бути як інструментом взаємодії з аудиторією, так і предметом аналізу для встановлення зв'язків та фактів, ***науковим завданням статті є:*** дослідити особливості формування наративів під час війни рф в Україні у середовищах:

- в інформаційному просторі України, зокрема її Західного регіону, на початку вторгнення;

- в інформаційному просторі найбільш впливових держав світу, що задають тенденції у світовій політиці й економіці та визначають розвиток подій, який впливає на подальший шлях багатьох країн світу. І які також можуть зазнавати російського інформаційного впливу.

А також дослідити особливості наративів в інформаційному просторі країн (об'єднань країн), які підтримують ту чи іншу сторони війни.

В ході аналізу новинного контенту ЗМІ країн-учасників війни та держав-союзників приділено увагу як лінгвістичним особливостям текстів, так і їх прагматичним складовим. Тобто тим елементам, які формують картину уявлення в аудиторії: як цільової, так і тої, яку можна потенційно схилити до власної точки зору та відповідних дій.

Вивчення матеріалів засобів масової інформації (ЗМІ) сторін війни та їх союзників виявляє у багатьох питаннях різне трактування фактів, подій та протилежний зміст. Різноспрямований дискурс, в якому витримано зміст, дає багатосторонність бачення подій та виявляє окрему реальність для кожної зі сторін. В ході аналізу новин щодо війни рф в Україні досліджено новинний контент основних видань, які зазвичай відображають офіційну позицію держави-видавця щодо подій, які відбуваються у світі.

Проведене дослідження свідчить, що ЗМІ країн, які займають протилежні позиції щодо сторін війни, транслюють наративи, часто протилежні за змістом і риторикою. Та створюють певну "власну реальність" для цільових аудиторій країн, сторони яких представляють.

Інформаційний простір здійснює тиск на населення, а політики автоматично переймають цей тиск від населення на себе, що спонукає їх реагувати. Коли такі процеси запускаються штучно (під час дезінформаційної кампанії, наприклад), у масовій свідомості створюється викривлена модель світу, неадекватна реальності та небезпечна для стабільності даного суспільства [10].

Сучасні дослідження [10] свідчать, що коли будь-які дезінформаційні процеси запускаються "індустріально", тобто масово, то вони становлять небезпеку і складність боротьби з ними. Ця складність полягає у тому, що:

- дезінформаційна компанія першою вводить у масову свідомість інформацію, що створює складнощі для створення спростувань, оскільки певна точка зору вже впроваджена у масову свідомість першою.

- наративи, запроваджені ззовні, починають сприяти появі контрнаративів, чим посилюється протистояння, яке переходить з інформаційного у віртуальний простір.

- з інформаційного та віртуального просторів сторони, що конфліктують, готові перейти у фізичний простір, що часто й відбувається. Однак, у принципі, фізичний простір, у якому чиниться протистояння, не в змозі вирішувати інформаційні та віртуальні проблеми.

У війні в Україні росія поставила свої цілі як "демілітаризація" та "денацифікація". Але вони виявилися надто слабкими і розпливчастими, щоб змусити своє населення йти на війну. Вони були зовсім не опрацьовані саме як наративи та їх було важко застосувати до України .

Проте ці наративи наразі є опірними для їх пропаганди, і сьогодні їх продовжують активно підтримувати у медіа. Статті військових кореспондентів рф наповнені термінами "нацисти" та подібними до них, що дозволяє активувати в масовій свідомості міфологію війни 1941 - 1945 рр. А деякі дослідники взагалі трактують ту війну як певний варіант релігії для сучасної Росії [2].

На початку війни по регіонах України поширювались різні російські наративи, які ставили конкретні цілі, відповідно до особливостей регіону. Так, розповсюджувані на території Західної України, наративи рф були спрямовані на те, щоб розпалити ворожнечу між українцями Сходу і Заходу, а також розбрат із сусідніми державами. За співучасті з російськими пропагандистами формувалась і офіційна білоруська пропаганда, її наративи для свого населення були спрямовані на виправдання дій уряду з надання власної території для російського нападу на Україну [11].

Наративи пропаганди росії та Білорусі щодо війни рф в Україні, відомі на даний час, наведені у табл.1.

Таблиця 1.

Наративи російської пропаганди, розповсюджувані на населення Західної України, та внутрішні наративи уряду Білорусі.

	Наративи росії	Наративи Білорусі
1.	Польща, Угорщина та Румунія планують розділити між собою територію західної України	“білорусь ні на кого не нападала, а просто захищається і прикриває тил для росії”
2.	розповіді жителям Волині про те, що чоловіки-біженці зі Сходу України гуляють по ТРЦ та «живуть у своє задоволення»	Дії урядів росії та Білорусі щодо України спрямовані на перешкоджання “бандерівцям” захопити Брестську та Гомельську області.
3.		Відсутність участі білоруських військових у російській війні в Україні, а лише допомога росії, щоб “в спину росіянам не стріляли з території Білорусі”.
4.		Плани нападу на росію Польщі, Литви і Латвії.

Спроби нав'язати російську пропаганду, спрямовану проти України, здійснюються не лише на внутрішню аудиторію, а й на зовнішню: у найбільш впливових державах світу, де розташовані російські дипломатичні представництва. У табл.2 представлено приклад основних наративів пропагандистської публічної дипломатії рф в інформаційному просторі країн “Великої Сімки” - країн, які чинять найбільший вплив на світові процеси. [12].

Таблиця 2.

№ з/п	Країна, інформаційний простір якої зазнає впливу	Основний зміст наративів:
1.	Великобританія	Звертання до колоніального минулого Великобританії. Дискредитація уряду України на міжнародному рівні поширенням заяв щодо націоналізму “київського режиму”.
2.	Німеччина	Переважно стосуються постачання зброї ФРН в Україну: загроза підірвати історичне примирення росіян та німців. Енергетичний шантаж щодо Німеччини: відмова від імпорту російських енергоносіїв заподіє збитків німецькій промисловості та економіці.
3.	США	Дискредитація дій США з активної підтримки України у війні: США виробляють зброю для нацистських терористичних угруповань, які знищують населення Сходу і Півдня України.
4.	Канада	Виправдання злочинів російської армії у війні, у тому числі під час дій на окупованих територіях України (м.Буча та ін).
5.	Франція	Спрямування невдоволення на країни Заходу загалом, а не на французів. Саме західні країни своїм постачанням зброї

		тощо затягують війну в Україні. Та перешкоджають встановленню в ній миру.
6.	Італія	Маніпулювання громадською думкою з упором на: енергетичний шантаж, засудження постачання в Україну зброї.
7.	Японія	Наративи публічної дипломатії переважно стосуються ядерного тероризму зі звинуваченням уряду і Збройних Сил України у його провокуванні (з історичним відсиланням до постраждалих Хіросіми та Нагасаки). Перекладання відповідальності за скоєні злочини на Україну, США і НАТО.

Щодо інформаційної політики стосовно росії, аналіз провідних ЗМІ країн Євросоюзу та США [10] показав, що вони дотримуються чіткої лінії критики російських дій щодо війни в Україні та підтримки України у війні з росією (табл.3).

Таблиця 3.

Основні наративи країн Заходу (Євросоюз та США)
щодо війни рф в Україні

№ з/п	Зміст наративу
1.	Масовані ракетні удари рф по енергетичній інфраструктурі України з подальшим знеструмленням житлових будинків, вулиць та наслідками – масовою відсутністю в Україні водопостачання і опалення.
2.	Вдавання окупаційної влади росії до тероризму на окупованих українськими військами українських територіях. Що розцінюється західними аналітиками як відсутність підтримки місцевим населенням російської окупаційної влади та нездатність російських загарбників отримати її.
3.	Безрезультатні спроби росії переконати міжнародну спільноту щодо присутності в Україні біологічних лабораторій США зі спростуванням цих фактів країнами Євросоюзу і США.
4.	Посилення урядом Польщі східних кордонів з рф, зокрема встановлення перешкод з колючого дроту для запобігання міграційній кризі.
5.	Удар від української ракети ППО, яка випадково влучила на територію Польщі, не вплине на політичний курс Польщі та командування НАТО щодо підтримки України у війні з росією.
6.	Систематичне ушкодження російськими військами Запорізької АЕС з метою ядерного шантажу України та міжнародної спільноти.
7.	Відеоматеріали та інші докази, надані українською стороною, щодо масових вбивств та катувань місцевого населення окупаційними військами рф на окупованих українських територіях.
8.	Країни західної Європи планують подальше постачання зброї в Україну.
9.	Засудження урядами інших держав дій уряду рф з війни в Україні. Що відобразилось на міжнародних заходах, таких як зустріч "Великої двадцятки" та країн "ШОС" у 2022 р.
10.	2022 рік – це рік, у якому до Європи повернулись жахи війни.
11.	Зміна епохи "закінчення періоду "Залізної завіси"" на епоху завіси з колючого дроту (який встановлюється на російському кордоні країн ЄС як захист від гібридних загроз з росії).

На відміну від країн Заходу, наративи країн Сходу, частина яких прямо або опосередковано підтримує росію, транслюють зовсім інше (табл.4). Що відображає російський вплив на ці країни, як в інформаційній, так і в інших галузях [10].

Таблиця 4.

Основні наративи країн Сходу (Китай, Іран)

№ з/п	Зміст наративів
1.	Звинувачення росією України у виробництві “брудних бомб”.
2.	Росія погрожує завдати ударів по супутниках США.
3.	росія не виведе свої війська з України, але путін загалом залишається відкритим для спілкування.
4.	Туреччина і росія відправляють зерно нужденним країнам безкоштовно.
5.	Світ потребує російського зерна та добрив.
6.	російські погрози уряду Ізраїлю щодо надання зброї Україні.
7.	Жителі країн Європи протестують проти санкцій та військової допомоги Україні.
8.	Звинувачення росією країн Заходу у розпаленні світової війни.
9.	Звинувачення росією України в обстрілах Києва.
10.	Звинувачення росією України у плануванні диверсійної атаки на газопровід “Південний потік”.

Разом з цим, розбіжності між Заходом і Сходом щодо війни в Україні поширюються і на їх інформаційний простір, в якому чітко простежується підтримка відповідних учасників цієї війни.

У табл.5 наведено наративи у ЗМІ відповідних країн щодо війни рф в Україні, які розповідають про одне й саме, однак суперечать один одному. Що відповідно, відображає позицію, якої дотримується кожна зі сторін [10]. Такі розбіжності теж варті уваги, оскільки отримані дані становлять інтерес для їх подальшого впорядкування та вилучення властивостей для створення відповідних інструментів автоматизованого опрацювання [13].

Таблиця 5.

Наративи навколо найбільш резонансних тем щодо війни рф в Україні
у ЗМІ країн Заходу і Сходу.

№ з/п	Тема, навколо якої суспільний резонанс	
1.	**Ядерний шантаж**	
1.1.	**Західні ЗМІ** (видання США, ФРН, Франції)	**Східні ЗМІ** (видання Китаю, Ірану)
1.	Дії російських військ на АЕС м. Енергодар (Запоріжжя) із провокуванням загрози ядерної катастрофи.	росія прикладає великих зусиль для забезпечення безпеки на ЗАЕС та звинувачує Україну в обстрілах території станції.

2.	Представники російського уряду погрожують застосувати ядерну зброю в Україні.	Захист захоплених в України територій – мотив, який спонукає росію застосувати ядерну зброю.
2.	**Звинувачення щодо підриву радіоактивних боєприпасів на території України**	
1.	Звинувачення України російською стороною у намірі використання "брудної бомби". З рішучим відкиданням цих звинувачень як офіційними представниками України, так і країнами НАТО, зі вказанням намірів російської сторони виправдати таким чином збільшення інтенсивності війни.	Заяви міністра оборони росії про плани використання Україною "брудної бомби".
3.	**Санкційна політика країн Заходу щодо росії**	
1.	Посилення санкційного режиму з узгодженням чергового пакету санкцій США та переважною більшістю країн ЄС, подальше "закручування гайок".	Санкції шкодять економіці самих країн Європи, в той час, як росія від них нічого не втрачає. Транслювання висловів російських політиків, що уведенням санкцій США прирікають Європу на голод, холод та ізоляцію.

Висновки. Таким чином, в ході дослідження встановлено, що напрям "наративи" вже тривалий час активно розвивається та цілеспрямовано використовується за кордоном, в провідних державах світу. При належному використанні це — своєрідний інструмент, володіння яким створює нові можливості для фахівців з масових комунікацій, інформаційно-аналітичної діяльності тощо. Яким неможна нехтувати.

Знання про використання наративів та вміння працювати з ними стає у нагоді, щоб проводити відповідні заходи безпеки: встановити джерело загрози та напрями, спрогнозувати подальший розвиток подій в Україні та в інших регіонах світу. Та визначити учасників, які виступають як об'єктом інформаційного впливу, так і самі його поширюють на власне населення та інші країни. Тому в ході інформаційної діяльності не варто ігнорувати такий змістовний компонент. Проведений аналіз наративів розкриває основний зміст та напрями наративів різних груп країн, так чи інакше залучених у війну в Україні. Дослідження показало, що основний зміст російських наративів, спрямованих на населення України (її Західного регіону у даному вивченні), зводиться до навмисних спроб зіштовхнути західних та східних українців у взаємних претензіях та ненависті. Наративи білоруської сторони, спрямовані на українців, переважно транслюють також проросійські теми самозахисту Білорусі від "бандерівців" та спроби створити ворожнечу із сусідніми Польщею та країнами Балтії. Наративи рф, поширювані в країнах "Великої сімки" – найбільш впливових у світі — спрямовані переважно на маніпулювання громадською думкою з акцентом на енергетичний шантаж, засудження постачання в Україну зброї, дискредитація українського уряду та відсилання до проблем історичного минулого цих країн. Виявлено тенденцію протиріч у змісті наративів, які властиві ЗМІ країн Заходу (США і Західна Європа) і Сходу (Китай та Іран) із відповідною підтримкою ними найбільш резонансних тем інформаційного супроводження подій кожною зі сторін – прибічників війни.

Отримані результати дають можливість передбачати подальший розвиток подій в Україні та інших регіонах світу, які виступають як об'єктом інформаційного впливу, так і самі

його поширюють – на власне населення та інші країни. А також спланувати власні інформаційні заходи, спрямовані як на інформаційний простір власної країни, противника, так і простір зарубіжних країн, які є нейтральними або такими, що підтримують сторони війни. Вміння працювати з наративами противника здатне сприяти власним діям, тому їх вивчення становить окремий напрям в інформаційній діяльності. Результати, отримані в ході аналізу опрацьованого масиву зарубіжних ЗМІ, дають можливість прослідкувати напрям інформаційної політики країн протиборчих сторін щодо війни рф в Україні та подальший курс інформаційної політики. Впорядкування отриманих даних в подальшому може сприяти розвитку можливостей для автоматизованого опрацювання та встановленню відповідних особливостей інформації, які не варто ігнорувати.

ЛІТЕРАТУРА**:**

1. Шульга Є. Перекладаємо слово наратив. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://slovotvir.org.ua/words/naratyv

2. Почепцов Г. Не читайте чужих наративів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.aup.com.ua/ne-chitayte-chuzhikh-narativiv/

3. Ожеван М. Глобальна війна стратегічних наративів: виклики та ризики для України. [Електронний ресурс] Режим доступу до журн.: К. : Політика, 2016. № 4 (21).

4. Олещук П. Теоретичні засади аналізу політичних наративів як засобу дослідження політичного дискурсу. [Електронний ресурс]. "Віче", 2010. № 10. Режим доступу до журн.: https://veche.kiev.ua/journal/2014/

5. Новікова Є. Теоретичні основи дослідження наративу в сучасній лінгвістичній парадигмі. [Електронний ресурс]. Вісник ХНУ, 2010. № 928. Режим доступу до журн.: https://core.ac.uk/download/pdf/46591011.pdf

6. Bruce, A., Beuthin, R., Sheilds, L., Molzahn, A., & Schick-Makaroff, K. (2016). Narrative Research Evolving: Evolving Through Narrative Research. International Journal of Qualitative Methods. https://doi.org/10.1177/1609406916659292

7. Nasheeda, A., Abdullah, H. B., Krauss, S. E., & Ahmed, N. B. (2019). Transforming Transcripts Into Stories: A Multimethod Approach to Narrative Analysis. International Journal of Qualitative Methods. https://doi.org/10.1177/1609406919856797

8. Saint Laurent, C., Glăveanu, V. P., & Literat, I. (2021). Internet Memes as Partial Stories: Identifying Political Narratives in Coronavirus Memes. Social Media + Society. https://doi.org/10.1177/2056305121988932

9. Gencel Bek, M., & Prieto Blanco, P. (2020). (Be)Longing through visual narrative: Mediation of (dis)affect and formation of politics through photographs and narratives of migration at DiasporaTürk. International Journal of Cultural Studies, 23(5), 709–727. https://doi.org/10.1177/1367877920923356

10. Бабіч О., Колодка Ю. "Особливості наративу інформаційного подання засобами масової інформації протиборчих сторін". Актуальні проблеми іншомовної підготовки фахівців у сфері національної безпеки : матеріали III всеукр. наук.-метод. конф., м. Київ, 3 лист. 2022 р. / за заг. ред. О.С. Лагодинського. Київ : ВА, 2022.

11. Телечук В. Ключові наративи російської пропаганди 2022 року, які спростували волинські фактчекери. Режим доступу: https://rayon.in.ua/news/560868-klyuchovi-narativi-rosiyskoi-propagandi-2022-roku-yaki-sprostuvali-volinski-faktchekeri

12. Аналіз наративів пропагандистської публічної дипломатії рф у країнах "Великої сімки". Режим доступу: https://cpd.gov.ua/reports/analiz-naratyviv-propagandystskoyi-publichnoyi-dyplomatiyi-rf-u-krayinah-velykoyi-simky/

13 Babich O, Matviienko O, Glukhova A. The means of information workflow assessment from the perspective of national security interests. Security challenges of Europe. NATO/DEEP and Adam Marcszalek Publishing House. Brussels, Toruń, 2021.

REFERENCES**:**

1. Perekladaemo slovo narativ. Rezhim dostupu: https://slovotvir.org.ua/words/naratyv

2. Pochepcov, G., Ne chitajte chuzhih narativiv. Rezhim dostupu: https://www.aup.com.ua/ne-chitayte-chuzhikh-narativiv/

3. Ozhevan, M. (2016), Global'na vijna strategichnih narativiv: vikliki ta riziki dlja Ukraini. K. : Politika. №4 (21)

4. Teoretichni zasadi analizu politichnih narativiv jak zasobu doslidzhennja politichnogo diskursu. Rezhim dostupu: https://veche.kiev.ua/journal/2014/

5. Novikova ,E., Teoretichni osnovi doslidzhennja narativu v suchasnij lingvistichnij paradigmi. Rezhim dostupu: https://core.ac.uk/download/pdf/46591011.pdf

6. Bruce, A., Beuthin, R., Sheilds, L., Molzahn, A., & Schick-Makaroff, K. (2016). Narrative Research Evolving: Evolving Through Narrative Research . International Journal of Qualitative Methods. https://doi.org/10.1177/1609406916659292

7. Nasheeda, A., Abdullah, H. B., Krauss, S. E., & Ahmed, N. B. (2019). Transforming Transcripts Into Stories: A Multimethod Approach to Narrative Analysis . International Journal of Qualitative Methods. https://doi.org/10.1177/1609406919856797

8. Saint Laurent, C., Glăveanu, V. P., & Literat, I. (2021). Internet Memes as Partial Stories: Identifying Political Narratives in Coronavirus Memes . Social Media + Society. https://doi.org/10.1177/2056305121988932

9. Gencel Bek, M., & Prieto Blanco, P. (2020). (Be)Longing through visual narrative: Mediation of (dis)affect and formation of politics through photographs and narratives of migration at DiasporaTürk. International Journal of Cultural Studies, 23(5), 709–727. https://doi.org/10.1177/1367877920923356

10. VDA “Osoblivosti narativu informacijnogo podannja zasobami masovoi informacii protiborchih storin” Materiali IV vseukrains'koi naukovo- metodichnoi konferencii “Aktual'ni problemi inshomovnoi pidgotovki fahivciv u sferi nacional'noi bezpeki” [Actual problems of foreign language training of specialists in the sphere of national security]

11. Kljuchovi narativi rosijs'koi propagandi 2022 roku, jaki sprostuvali volins'ki faktchekeri. Rezhim dostupu: https://rayon.in.ua/news/560868-klyuchovi-narativi-rosiyskoi-propagandi-2022-roku-yaki-sprostuvali-volinski-faktchekeri

12. Analiz narativiv propagandists'koi publichnoi diplomatii rf u krainah “Velikoi simki”. Rezhim dostupu: https://cpd.gov.ua/reports/analiz-naratyviv-propagandystskoyi-publichnoyi-dyplomatiyi-rf-u-krayinah-velykoyi-simky/

13. Babich et al. (Matviienko O., Glukhova A.) (2021) The means of information workflow assessment from the perspective of national security interests. Security challenges of Europe. NATO/DEEP and Adam Marcszalek Publishing House. Brussels, Toruń.

Ph.D. Babich O., Kolodka Yu.

This paper examines the content and components used by enemies of Ukraine and its allies to form narrations from the beginning of the war in Ukraine. Particularly ones that are disseminated in the information environment of the global top influencers G7, and Ukraine itself designed especially for the West Ukraine habitants. The research reveals that narration domain is studied properly abroad, in European Union and the USA. And that it is practical for different applications in social studies and analytics. That enables make usable this groundwork in such practical spheres as Strategic Communications, Public Relations, Analytics etc. Narrations of russia invasion in Ukraine are distributed into sets according to the region they were disseminated, environments both Ukrainian and abroad. Contents inherent to narrations for each set are stated. Particularities for each group of environment are studied: in the information environment of the Western Ukraine in the beginning of russian invasion, the information environment of the world the most influencers that set trends in the global politics and economics and define the pace of developments that makes effect on subsequent future of many countries of the world. Properties of narrations inherent to information environment of the allies of belligerents are also examined. Both linguistic and pragmatic texts components inherent to mass media news content of Ukrainian counterparts and allies are the subject of interests. They are referred to in news content that is transmitted to certain audiences, and basic tendencies of the purpose-oriented information are followed. Contradictions tendency in mass media of the West (the USA and Western Europe) and East (Chine and Iran) narration content is revealed, with their correspondence to the most resonance topics related to information support of each part, belligerents ally. Trends for further studies and data regulation for narration research are defined. And events display perspective importance of this domain.

Key words: narrative, information environment, audience, dissemination, purpose-oriented directivity.

УДК 004.056.5

д.т.н., доц. **Бобок І.І.** (ОНПУ, Одеса)
д.т.н., проф. **Кобозєва А.А.** (ОНПУ, Одеса)
д.т.н., проф. **Маєвський Д.А.** (ОНПУ, Одеса)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-11

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БЛОКІВ МАТРИЦІ ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ В РІЗНИХ ФОРМАТАХ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА ДЛЯ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШЕННЯ ЙОГО ЦІЛІСНОСТІ

Несанкціоновані зміни цифрових інформаційних контентів, зокрема зображень, відео, що розглядаються в роботі, сьогодні стають такими, виявлення яких є складною і актуальною задачею, що потребує розробки нових підходів та методів. При несанкціонованих змінах цифрового контенту часто відбувається зміна формату (з/без втрат) його збереження (в цілому, або частини), зокрема при організації стеганографічного каналу зв'язку, фотомонтажі тощо. Таким чином, виявлення факту перезбереження (частини) цифрового контенту в формат, що відрізняється від первісного, є покажчиком на порушення його цілісності, роблячи актуальною задачу відокремлення контентів в різних форматах. Метою роботи є створення теоретичного базису для методів відокремлення цифрових контентів в різних форматах збереження шляхом дослідження властивостей формальних параметрів блоків оригінальних контентів. В ході дослідження: визначені формальні параметри – найменші за значенням сингулярні числа блоків відповідних матриць, на основі властивостей яких обгрунтована пропозиція введення формального об'єкта дослідження – матриці найменших сингулярних чисел блоків, що ставиться у відповідність цифровому контенту і має властивості, які розрізняються в залежності від формату збереження цифрового контенту; для послідовності цифрових зображень одного формату, для цифрового відео визначений формальний математичний об'єкт – гістограма мод гістограм матриць найменших сингулярних чисел блоків зображень/кадрів відео, властивості якої значно розрізняються для різних форматів збереження, що може бути використаним для розробки відповідного експертного методу. Встановлення кількісних характеристик для отриманих в роботі якісних роздільників дасть можливість сформувати ефективні методи відокремлення цифрових контентів в різних форматах збереження, що може бути застосованим як складова частина процесу стеганоаналізу, в процесі виявлення результатів фотомонтажу, де були задіяні контенти в різних форматах, тощо.

Ключові слова: цифрове зображення, цифрове відео, формат з втратами, формат без втрат, сингулярне число

Вступ. Несанкціоновані зміни цифрових інформаційних контентів, зокрема цифрових зображень (ЦЗ), цифрових відео (ЦВ), що розглядаються в роботі, на сьогоднішній день стають дуже якісними, легко реалізуються існуючими програмними засобами, надзвичайно поширеними, такими, виявлення яких є складною і актуальною задачею, що потребує розробки нових підходів та методів, удосконалення існуючих [1–3].

Збереження ЦЗ/ЦВ може відбуватися з використанням двох принципово різних схем: з втратами та без втрат [4]. Збереження з втратами, з урахуванням особливостей людського зору, відбувається завдяки зменшенню (аж до обнуління) високочастотної складової відповідного сигналу [5], що відбивається на формальних параметрах цифрового контенту. При несанкціонованих змінах ЦЗ/ЦВ часто відбувається зміна його формату в цілому, або зміна формату частини ЦЗ/кадру ЦВ. Перший варіант часто виникає при організації прихованого (стеганографічного) каналу зв'язку [6]. Враховуючи лавиноподібне збільшення обсягу інформаційного контенту, який зберігається, передається каналами зв'язку, обробляється за допомогою комп'ютерної техніки, що відбувається останнім часом, цей контент, як правило, створюється в форматах з втратами. Це приводе до того, що як контейнер сьогодні найчастіше

використовується ЦЗ/ЦВ в форматі збереження з втратами. Якщо вбудова додаткової інформації робиться стеганометодом, який не є стійким до атаки стиском, наприклад, методом модифікації найменшого значущого біта, що є одним з найпоширеніших стеганографічних методів в сучасному інформаційному просторі [7], це потребує збереження отриманого стеганоповідомлення в форматі без втрат, що приводить до зміни первісного формату контейнера [8]. Другий варіант має місце, коли порушення цілісності цифрового контенту відбувається локально, зокрема при фотомонтажі, при цьому контенти, що використовуються, мають різні (з/без втрат) формати [9,10].

Таким чином, виявлення факту перезбереження ЦЗ/ЦВ в формат, що відрізняється від первісного, чи наявність в ЦЗ/кадрі ЦВ частин, властивості яких відрізняються в сенсі формату збереження, є покажчиком на порушення цілісності цифрових контентів, роблячи актуальною задачу відокремлення їх в різних (з/без втрат) форматах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання відокремлення цифрових контентів (ЦК) в різних форматах збереження не є новим серед наукової світової спільноти. Підходи до рішення задачі, що розглядається, у випадку ЦЗ та ЦВ принципово не розрізняються, оскільки ЦВ формально може бути представленим як послідовність ЦЗ – кадрів відео. В [11] розглядається питання виявлення блокової обробки ЦЗ, частковим випадком якої є його збереження з втратами. Автори використовують градієнтний аналіз, встановлюючи факт збільшення величини градієнта уздовж границь блоків, на які розбивається матриця ЦЗ. Але основна увага авторів приділяється визначенню розміру використовуваних при обробці зображення блоків, що негативно впливає на ефективність виявлення за допомогою запропонованого підходу результату стиску ЦК. В [12] автори також зосереджені на пошуку артефактів від блокової обробки зображення, запронований метод виявлення якої використовує кросс-диференційний фільтр для визначення границь усіх можливих блокових артефактів, морфологічні операції для видалення граничних ефектів, викликаних краями фактичного вмісту зображення, оцінку максимальної правдоподібності. Кожний з наведених вище методів [11,12], будучи практично ефективним, поступається в оцінці ефективності методу виявлення блокової обробки ЦЗ, запропонованому в [13], заснованому на аналізі властивостей гістограми значень кутів між нормованим вектором квадратів сингулярних чисел блоків матриці ЦЗ і лівим/правим сингулярним вектором, що відповідає максимальному сингулярному числу блока, при використанні цього методу для відокремлення ЦЗ в різних (з/без втрат) форматах збереження. При цьому значною перевагою методу є те, що точність виявлення порушення цілісності ЦЗ за рахунок його стиску із втратами залишається тут не тільки високою, а й практично не залежить від коефіцієнту якості QF, що використовувався під час стиску. Треба все ж зазначити, що методи, налаштовані на виявлення будь-якої блокової обробки цифрового контенту, що є в цьому сенсі універсальними, а не розрахованими саме на конкретну збурну дію – виявлення результату стиску з втратами, якими є вище розглянуті методи, принципово не можуть бути настільки ж ефективними при його виявленні, як спрямовані, тобто такі, що налаштовані саме на відокремлення ЦК в різних (з/без втрат) форматах. Безпосередньо питання відокремлення ЦЗ в різних форматах збереження розглядається в [9]. Це питання тут розв'язується з метою використання результатів відокремлення для виявлення фотомонтажу, що робиться за допомогою аналізу властивостей матриці нульових сингулярних чисел блоків, які відрізняються для ЦЗ в форматах з/без втрат. При формуванні згаданої матриці кожному блоку ЦЗ ставиться у відповідність число, що визначає кількість нульових сингулярних чисел цього блоку. Але треба зазначити, що для оригінальних ЦЗ в $l \times l$-блоках, де $l \geq 8$, навіть у форматі з втратами (з практично використовуваними коефіцієнтами якості $70 \leq QF \leq 80$) наявність сингулярних чисел, які в точності дорівнюють 0, є скоріше винятковою, ніж системною ситуацією, завдяки наявності округлень, що відбуваються при переведенні (блоку) зображення з частотної області в просторову. Крім цього, обчислення значень сингулярних чисел в системі чисел з плаваючою

точкою відбувається в умовах накопичення обчислювальної похибки, що робить нетривіальною задачу визначення таких, які в точності дорівнюють нулю. Більше того, завдяки особливостям машинної арифметики, тут можлива ситуація, коли дійсно нульове значення буде отриманим як додатне. Таким чином, аналіз матриці нульових сингулярних чисел блоків для відокремлення ЦЗ в різних форматах часто приводить до ускладнень, а підхід потребує удосконалення. В [14] запропонований метод виявлення факту стиску з втратами в кольорових ЦЗ, що дозволяє відокремити зображення, спочатку збережені у форматах без втрат, від зображень, перезбережених у формат без втрат з форматів з втратами, який аналізує просторову область ЦЗ. Розроблений метод заснований на врахуванні послідовних колірних тріад триплетів у матриці унікальних кольорів і може бути використаний для визначення формату вхідного контейнера при стеганоаналізі, але, оскільки для використовуваного підходу критичним є розмір досліджуваної частини ЦЗ, то його використання очевидно не буде ефективним при виявленні фотомонтажу, де використовуються зображення в різних (з/без втрат) форматах. Конкретний метод відокремлення ЦЗ в різних форматах збереження, заснований на аналізі кутів між нормованим вектором сингулярних чисел блоків досліджуваного ЦЗ і першим вектором стандартного базису відповідного простору, був запропонований в [15]. Метод в цілому по ефективності перевищив існуючі аналоги, забезпечуючи лише 0.5% помилок першого роду (ЦЗ, яке було перезбережене у формат без втрат з формату з втратами, визначалося як оригінальне в форматі без втрат), 5% помилок другого роду (оригінальне ЦЗ визначалося як таке, формат якого був змінений), але наявність помилок тут не дає можливості говорити про остаточний розв'язок задачі, що розглядається.

Таким чином, не зважаючи на кількість існуючих різноманітних методів і підходів до задачі відокремлення ЦК в різних форматах збереження, ця задача не є вирішеною остаточно, залишаючи актуальним пошук нових математичних базисів для організації процесу відокремлення. Підвищення ефективності розв'язку саме цієї задачі буде сприяти підвищенню ефективності виявлення порушення цілісності ЦК в цілому, зокрема в процесі стеганоаналізу, виявлення фотомонтажу тощо.

Мета роботи та задачі дослідження. Нещодавно українськими науковцями був запропонований загальний підхід до аналізу стану інформаційних систем (ЗПАІС), заснований на матричному аналізі та теорії збурень [16], який добре зарекомендував себе при розв'язку задач виявлення порушення цілісності цифрових контентів, сьогодні отримує подальший розвиток та удосконалюється [17]. Враховуючи це, *метою* роботи є створення теоретичного базису для методів відокремлення ЦЗ/ЦВ в різних (з/без втрат) форматах збереження шляхом дослідження властивостей формальних параметрів блоків оригінальних ЦК на основі ЗПАІС.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються наступні *задачі*:

1. Визначити в межах ЗПАІС формальні параметри ЦК, властивості яких потенційно дають змогу для відокремлення контентів в різних (з/без втрат) форматах збереження;
2. Встановити властивості матриці найменших сингулярних чисел блоків (МНСЧ), що ставиться у відповідність ЦЗ/кадру ЦВ, які розрізняються в залежності від формату збереження ЦК;
3. Визначити та дослідити математичний об'єкт, аналіз якого дасть можливість ефективно визначати формат ЦВ/послідовності ЦЗ, збережених в одному форматі.

Основний матеріал дослідження. Якісно формати збереження ЦК (з/без втрат) відрізняються ступенем присутності в блоках результуючого контенту високочастотної (середньочастотної) складової [4,5]. Саме квантування і округлення до цілих значень частотних коефіцієнтів блоків відповідних матриць, наслідком чого є обнуління високочастотних (можливо і середньочастотних) коефіцієнтів, приводить до стиску ЦК з втратами. У відповідності з ЗПАІС, стан (зміну стану) будь-якої інформаційної системи, частковим випадком якої є ЦЗ/(кадр) ЦВ, можна оцінити за допомогою аналізу (збурень) повного набору формальних параметрів, що визначають цю систему однозначно: сингулярних

чисел (СНЧ) і сингулярних векторів (СНВ) спеціального виду [18] відповідної матриці (матриць), що використовується далі в роботі.

Нехай F – матриця ЦЗ/кадру ЦВ. Враховуючи мету дослідження, блокову обробку контенту при збереженні в форматі з втратами, матриця F стандартним чином [5] розбивається на неперетинні $l \times l$ -блоки, довільний з яких позначатиметься B. Побудова для кожного блоку B нормального сингулярного розкладання [18]:

$$B = U\Sigma V^T, \qquad (1)$$

де U, V – ортогональні $l \times l$ -матриці, стовпці яких u_i, v_i, $i = \overline{1,l}$, є лівими і правими СНВ B відповідно, при цьому ліві СНВ є лексикографічно додатними; $\Sigma = diag(\sigma_1, ..., \sigma_l)$, $\sigma_1 \geq ... \geq \sigma_l \geq 0$ – СНЧ B, визначає однозначно повний набір його формальних параметрів. При цьому для блоків оригінального ЦЗ має місце співвідношення:

$$\sigma_1 >> \sigma_2 \geq ... \geq \sigma_l \geq 0. \qquad (2)$$

Відповідно з ЗПАІС стан і властивості ЦЗ/кадру ЦВ тут буде визначатися сукупністю СНЧ і СНВ всіх блоків його матриці. Різниця в ступені наявності високочастотної (середньочастотної) складової в ЦЗ/кадрі ЦВ в різних форматах відіб'ється на складових повного набору формальних параметрів. Враховуючи, що високочастотній складовій ЦК відповідають головним чином сингулярні трійки (σ_i, u_i, v_i) з найменшими СНЧ [9,16], а саме їх значні зміни в результаті квантування і округлення частотних коефіцієнтів блоків, що відображаються в зменшенні найменших СНЧ блоків аж до обнуління [9], саме аналіз таких трійок потенційно може привести до розв'язку задачі, що розглядається.

Збурення сингулярних трійок (σ_i, u_i, v_i) в результаті стиску приведе до змін як СНЧ σ_i, так і СНВ u_i, v_i, але навіть після збурень СНВ залишаться попарно ортогональними, нормованими, ліві – лексикографічно додатними, лише змінивши свій напрям. При цьому, враховуючи (2), СНВ, які відповідають найменшим СНЧ, є чутливими до збурних дій у відповідності зі співвідношенням [19]:

$$\frac{1}{2} sin\, 2\theta_i \leq \frac{\|\Delta B\|_2}{svdgap(i, B)}, \qquad (3)$$

де ΔB – матриця збурення блоку B в результаті збурної дії, що зазнало ЦЗ, θ_i – кут повороту вектора u_i, $svdgap(i, B) = \min\limits_{j \neq i} |\sigma_i - \sigma_j|$ – відокремленість СНЧ σ_i в блоці B, $\|\bullet\|_2$ - спектральна матрична норма.

Для значної кількості блоків ЦЗ/кадрів ЦВ найменші СНЧ за значенням не перевищують одиницю, маючи і відокремленість менше 1, роблячи відповідні СНВ у відповідності з (3) чутливими навіть до похибок округлення. Це приводить до того, що величина куту їх повороту (яка буде значною навіть при незначних збурних діях) не є інформативною з точки зору задачі, що розглядається. В той час, як збурення найменших СНЧ, що є нечутливими до збурних дій відповідно до співвідношення [19]:

$$\max_i |\sigma_i(B) - \sigma_i(B + \Delta B)| \leq \|\Delta B\|_2, \qquad (4)$$

в результаті стиску з втратами має чітко виражений специфічний характер [9] – зменшення цих СНЧ аж до обнуління. Оскільки сингулярні трійки з найменшими СНЧ відповідають, головним чином, високочастотній складовій сигналу, то обнуління цієї складової в результаті стиску, враховуючи невід'ємність (2) СНЧ, може привести лише до їх зменшення. Дійсно, сингулярне розкладання блоку (1) може бути представленим у формі зовнішніх добутків [19]:

$$B = \sum_{i=1}^{l} \sigma_i u_i v_i^T , \tag{5}$$

відповідно до якого сигнал B розкладається на суму однорангових сигналів, кожний з яких визначається своєю сингулярною трійкою (σ_i, u_i, v_i). Одною з основних характеристик сигналу з матрицею B є його енергія E, яка може бути обчислена у відповідності з формулами [20]:

$$E = \sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{l} b_{ij}^2 = \sum_{u=0}^{l-1}\sum_{v=0}^{l-1} P(u,v), \tag{6}$$

де b_{ij} – елементи B, $P(u,v), u = \overline{0,l-1}, v = \overline{0,l-1}$ – енергетичний спектр сигналу B. Позначимо результат дискретного косинусного перетворення (ДКП), яке є основним в найпоширенішому алгоритмі стиску з втратами для ЦЗ Jpeg, блоку B як B_{DCT}. Елементи матриці B_{DCT} – коефіцієнти ДКП блоку B позначатимемо $B_{DCT}(u,v)$, $u = \overline{0,l-1}, v = \overline{0,l-1}$, тоді [5]: $P(u,v) = B_{DCT}^2(u,v)$.

У відповідності з (5) енергія сигналу B представляється у вигляді суми енергій $E(\sigma_i u_i v_i^T)$ сигналів $\sigma_i u_i v_i^T$:

$$E(\sigma_i u_i v_i^T) = E\left(\sigma_i \begin{pmatrix} u_{1i} \\ u_{2i} \\ \vdots \\ u_{li} \end{pmatrix} (v_{1i}\ v_{2i} \ldots v_{li})\right) = E\left(\sigma_i \begin{pmatrix} u_{1i}v_{1i} & u_{1i}v_{2i} \ldots u_{1i}v_{li} \\ u_{2i}v_{1i} & u_{2i}v_{2i} \ldots u_{2i}v_{li} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ u_{li}v_{1i} & u_{li}v_{2i} \ldots u_{li}v_{li} \end{pmatrix}\right) =$$

$$= \sigma_i^2\left(u_{1i}^2v_{1i}^2 + u_{1i}^2v_{2i}^2 + \ldots + u_{1i}^2v_{li}^2 + u_{2i}^2v_{1i}^2 + u_{2i}^2v_{2i}^2 + \ldots + u_{2i}^2v_{li}^2 + \ldots + u_{li}^2v_{1i}^2 + u_{li}^2v_{2i}^2 + \ldots + u_{li}^2v_{li}^2\right) =$$

$$= \sigma_i^2\left(u_{1i}^2\left(v_{1i}^2 + v_{2i}^2 + \ldots + v_{li}^2\right) + u_{2i}^2\left(v_{1i}^2 + v_{2i}^2 + \ldots + v_{li}^2\right) + \ldots + u_{li}^2\left(v_{1i}^2 + v_{2i}^2 + \ldots + v_{li}^2\right)\right) =$$

$$= \sigma_i^2\left(u_{1i}^2\|v_i\|^2 + u_{2i}^2\|v_i\|^2 + \ldots + u_{li}^2\|v_i\|^2\right) = \sigma_i^2\|u_i\|^2\|v_i\|^2,$$

де $\|\cdot\|$ – евклідова векторна норма.

Враховуючи властивості СНВ, що вимагаються в (1), (5), тобто: $\|u_i\| = \|v_i\| = 1, \forall i = \overline{1,l}$, маємо:

$$E(\sigma_i u_i v_i^T) = \sigma_i^2 . \tag{7}$$

З (5), (6), (7) випливає:

$$\sum_{u=0}^{l-1}\sum_{v=0}^{l-1} B_{DCT}^2(u,v) = \sum_{i=1}^{l} \sigma_i^2 .$$

Обнуління $B_{DCT}(u,v)$ для значень u, v, близьких до $l-1$, приведе до обнуління σ_i, коли i близько до l. Кількість найменших СНЧ, які підпадуть під такий результат, залежить від коефіцієнтів використовуваної при стиску матриці квантування, тобто від коефіцієнту якості QF стиску.

Таким чином, для розв'язку задачі, що розглядається, має сенс аналізувати сукупність найменших за значенням СНЧ блоків матриці ЦЗ/кадру ЦВ. Треба зазначити, що такий вибір досліджуваних параметрів дозволить уникнути необхідності застосування для їх обчислення саме нормального сингулярного розкладання, задовольнившись лише звичайним [19], яке дає можливість визначити однозначно СНЧ, але в обчислювальному сенсі є менш затратним, чим нормальне, оскільки не вимагає забезпечення лексикографічної додатності лівих СНВ.

Враховуючи досвід попередніх досліджень, заснованих на ЗПАІС [9], та недоліки застосування їх результатів, вказані вище, поставимо ЦЗ/кадру ЦВ з $n\times m$-матрицею F у відповідність матрицю найменших СНЧ блоків (МНСЧ) M_F розміром $\left[\frac{n}{l}\right]\times\left[\frac{m}{l}\right]$, де $[\cdot]$ – ціла частина аргументу, з елементами $m_{(kp)_F}$, $k=\overline{1,\left[\frac{n}{l}\right]}$, $p=\overline{1,\left[\frac{m}{l}\right]}$, які відповідають блокам F, наступним чином: $m_{(kp)_F}$ дорівнює кількості таких СНЧ σ_i відповідного блоку B, для яких виконується умова:

$$\sigma_i < T, \tag{8}$$

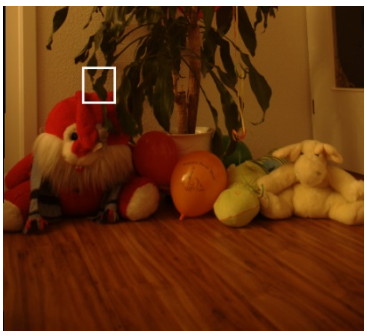
Слід зазначити, що для оригінальних ЦЗ/кадрів ЦВ при їх збереженні з втратами використовуються блоки розміром 8×8 пікселів, при цьому, як правило, в цих блоках найменше СНЧ $\sigma_8 < 1$, а для великої кількості блоків

$$\sigma_8 << 1 \tag{9}$$

в результаті обнуління високочастотної складової, тоді як в відповідних блоках цифрових контентів в форматі без втрат співвідношення (9) має місце в значно меншій кількості, оскільки там високочастотна складова має первісний вигляд [9]. Зрозуміло, що при зменшенні коефіцієнта якості стиску кількість СНЧ, які задовольняють (8), (9) буде збільшуватися, в той час, як з СНЧ контенту без втрат нічого відносно їх первісного значення відбуватися не буде. Враховуючи це, параметр в (8) для забезпечення можливості відокремлення ЦЗ/кадра ЦВ в різних форматах збереження в результаті аналізу МНСЧ має сенс обирати в межах:

$$0 < T < 1, \tag{10}$$

для того, щоб виявити кількість таких СНЧ, які в результаті квантування і округлення частотних коефіцієнтів $l\times l$-блоків були нулями (порівнянними з нулем), а в досліджуваному ЦЗ/кадрі ЦВ відрізняються від нуля в результаті округлень, що відбуваються із значеннями яскравості пікселів при переході з частотної області в просторову. Враховуючи вище зазначене, можна стверджувати, що в цілому елементи МНСЧ для цифрових контентів в форматі з втратами будуть неменшими за елементи МНСЧ відповідного ЦЗ в форматі без втрат, при цьому відповідними будемо називати ЦЗ, як відрізняються лише форматом збереження (з/без втрат), відображаючи одну й ту саму сцену. Приклад МНСЧ при $T=0.1$, що ілюструє істинність останнього твердження, наведено на рис.1 для відповідних ЦЗ.



а

б

1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1
1	2	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0

в

0	0	0	1	3	6	7	6	1	0	0	0	1	0	5	3	0	0	1	1
1	1	0	0	1	2	2	2	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	4	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	2	3	0	0	1	1	1
0	1	2	0	1	0	1	1	0	1	0	0	3	7	1	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	3	6	6	2	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7	7	7	6	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	3	1	0	0	1	1	6	6	3	2	0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	3	1	0	1	1	1	6	6	2	0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	2	2	2	0	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1	1	2	0	2	2	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	2	2	4	4	2	0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	7	7	5	6	0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	2	5	6	6	1	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	6	6	2	0	0	1	1	0
1	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	5	6	0	1	1	0	1	0
0	0	1	1	0	2	1	1	1	0	1	1	2	7	0	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	0	1
2	1	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	2	1	1	2	1	0	1	0	2	1	0	1	3	0	0	1	1	1	0

г

Рисунок 1. Ілюстрація результату побудови МНСЧ для конкретного ЦЗ: а – тестове ЦЗ з виділеною частиною; б – частина ЦЗ, для якої формувалася МНСЧ (T=0.1); в – МНСЧ (ЦЗ в форматі Tif); г – МНСЧ (відповідне ЦЗ в форматі Jpeg (QF = 75))

Очевидно, маючи МНСЧ, що відповідають цифровим контентам в різних форматах збереження, визначитися з форматом кожного з них, порівнюючи між собою МНСЧ, не представляє труднощів, але питання визначення формату, як правило, вирішується для конкретного ЦК, коли в розпорядженні експерта є лише одна МНСЧ і треба мати можливість оцінити властивості цієї одної матриці, щоб зробити висновок про формат досліджуваного контенту. Зрозуміло, що значення елементів МНСЧ, яке найчастіше зустрічається для ЦЗ/кадру ЦВ в форматі з втратами, буде не менше за аналогічне значення для відповідного ЦЗ/кадру ЦВ в форматі без втрат; максимальне значення M_F, що відповідає контенту в форматі з втратами теж буде не менше за аналогічне значення для відповідного контенту в форматі без втрат, що ілюструє типовий приклад конкретних відповідних ЦЗ, одне з яких в

форматі Tif, а три інших (відповідних) отримані шляхом перезбереження першого в формат Jpeg з $QF \in \{70,75,80\}$ (найпоширеніші на практиці коефіцієнти якості) (рис.2).

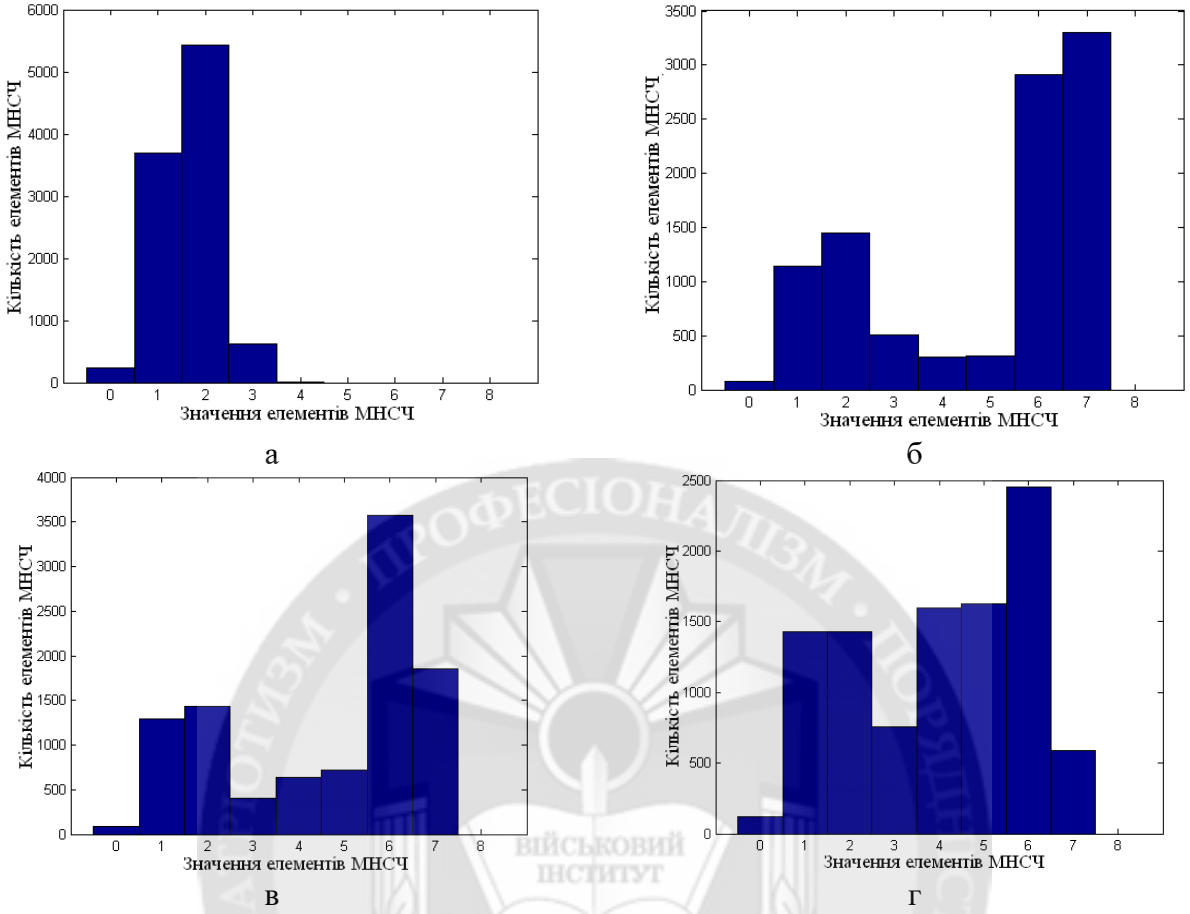


Рисунок 2. Гістограми елементів МНСЧ ($T = 0.5$) відповідних ЦЗ: а – в форматі без втрат (Tif); б, в, г – в форматі з втратами (Jpeg, $QF = 70,75,80$ відповідно)

Подібна картина співвідношення гістограм значень елементів МНСЧ для ЦЗ/кадрів ЦВ в форматі з втратами та без втрат спостерігається для більшості відповідних ЦК: моди гістограм розрізняються по своєму значенню, збільшуючись для контенту в форматі з втратами, в порівнянні з ЦК без втрат, крім цього, мода гістограми не зменшується при зменшенні коефіцієнта якості стиску, практичним підтвердженням чого є результати обчислювального експерименту, частково наведені на рис.3 для Jpeg з $QF = 75$ (при інших значеннях коефіцієнта QF якісна картина для мод гістограм залишається такою ж, що повністю відповідає теоретичним очікуванням) та рис.4.

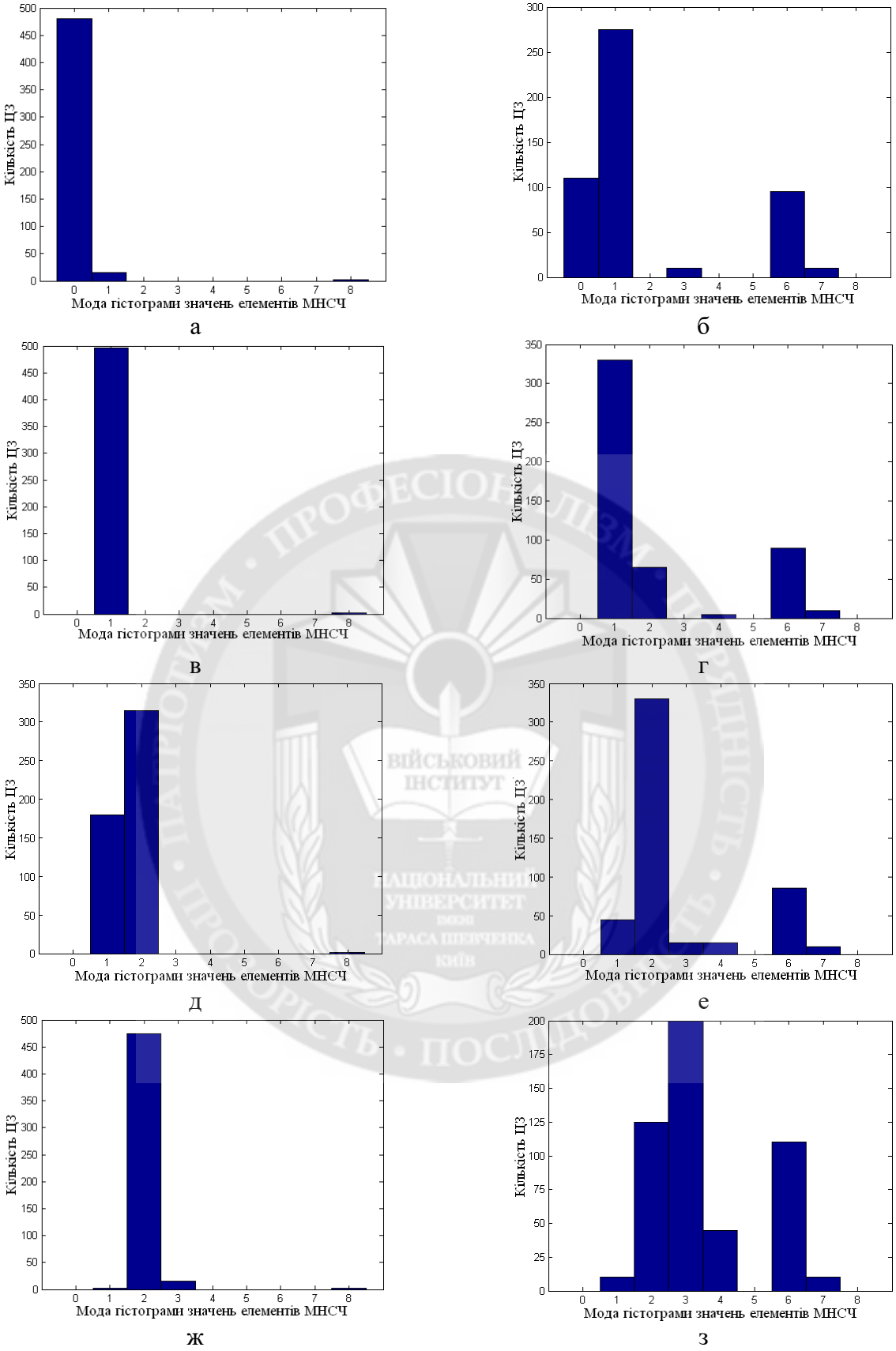


Рисунок 3. Гістограми мод гістограм значень елементів МНСЧ блоків: а – $T = 0.1$ (множина Y); б – $T = 0.1$ (множина $Y^{(75)}$); в – $T = 0.3$ (множина Y); г – $T = 0.3$ (множина $Y^{(75)}$); д – $T = 0.5$ (Y); є – $T = 0.5$ ($Y^{(75)}$); ж – $T = 0.7$ (Y); з – $T = 0.7$ ($Y^{(75)}$)

Тут і далі при проведенні обчислювальних експериментів в роботі використовується множини:

Y, що містить 500 ЦЗ з загально використовуваної бази [21] в форматі без втрат (Tif);

$Y^{(70)}$, $Y^{(75)}$, $Y^{(80)}$ отримані шляхом перезбереження ЦЗ з множини Y у формат с втратами Jpeg з $QF \in \{70,75,80\}$ відповідно; $\left|Y^{(70)}\right| = \left|Y^{(75)}\right| = \left|Y^{(80)}\right| = 500$, де $|\cdot|$ – потужність множини.

Для експериментів ЦЗ обрізалися до розміру 800×800 пікселів.

Серед ЦЗ в форматі без втрат, які були задіяними при проведенні обчислювального експерименту, наявні такі (3 ЦЗ), що поводять себе як «виняток з правила» – саме їм відповідають стовпчики гістограми мод гістограм з аргументом 8 (рис.3(а,в,д,ж)). При детальному дослідженні цих ЦЗ стає зрозумілим, що їх поведінка цілком виправдана. Одне з таких ЦЗ для наочності наведене на рис.5. Блоки отримуваного досліджуваного 800×800 ЦЗ в більшості своїй не містять ніяких деталей, частин контурів, тобто їх високочастотна складова майже відсутня ще до стиску; крім того, кожна кольорова складова ЦЗ (рис.5(в) – синя складова) має значну кількість блоків, елементи яких дорівнюють нулю чи є близькими до нуля, що приводить до того, що майже всі СНЧ блоку дорівнюють/порівнянні з нулем. Якщо збільшити розміри частини ЦЗ, що досліджується, то характер гістограми змінюється до «стандартного» для ЦК в форматі без втрат (рис.6), зміщуючи положення моди з 8 до 0. Дійсно, збільшення розміру частини, що досліджується, приводить до «підключення» блоків, високочастотна складова в яких не є порівняною з нулем, які містять наявні деталі, частини контурів. Але очевидно, що такий крок не завжди приведе до покращення результату. Дійсно, якщо ЦЗ/кадр ЦВ цілком є таким, перепади значень яскравості в якому є незначними, високочастотна складова навіть в форматі без втрат практично відсутня, то такий ЦК може мати більшість блоків, для яких кількість СНЧ, менших заданого параметра T, може бути значною, тобто характер гістограми значень елементів МНСЧ для ЦК в форматі без втрат буде мати властивості гістограми для випадку формату з втратами. І хоча на практиці кількість таких оригінальних контентів є дуже незначною, вони вимагають додаткового дослідження, результати якого виходять за межі даної статті і зараз готуються до друку.

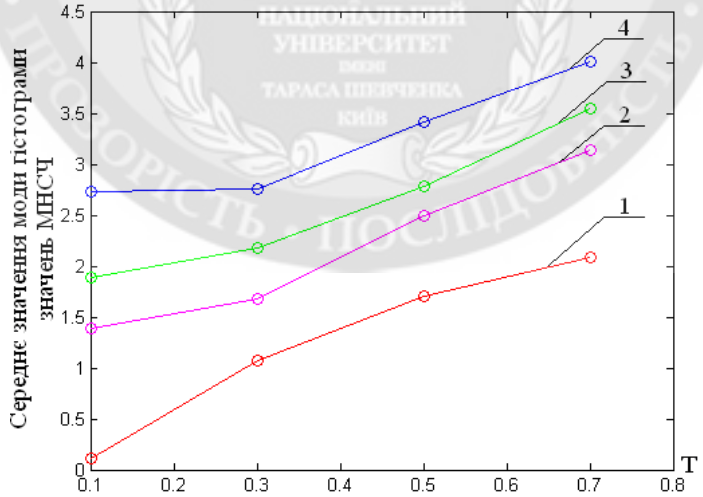


Рисунок 4. Графіки залежності середнього по експерименту значення моди гістограми значень елементів МНСЧ від параметру T: 1 – ЦЗ з множини Y; 2, 3, 4 – відповідні ЦЗ з множин $Y^{(80)}$, $Y^{(75)}$, $Y^{(70)}$ відповідно

Аналіз гістограм мод гістограм значень елементів МНСЧ (рис.3), а також середніх значень моди гістограми МНСЧ (рис.4) дає можливість визначитися з найбільш пріоритетним

серед розглянутих значенням параметра $T \in \{0.1, 0.3, 0.5, 0.7\}$. Це значення $T = 0.1$, що випливає з урахуванням наступного:

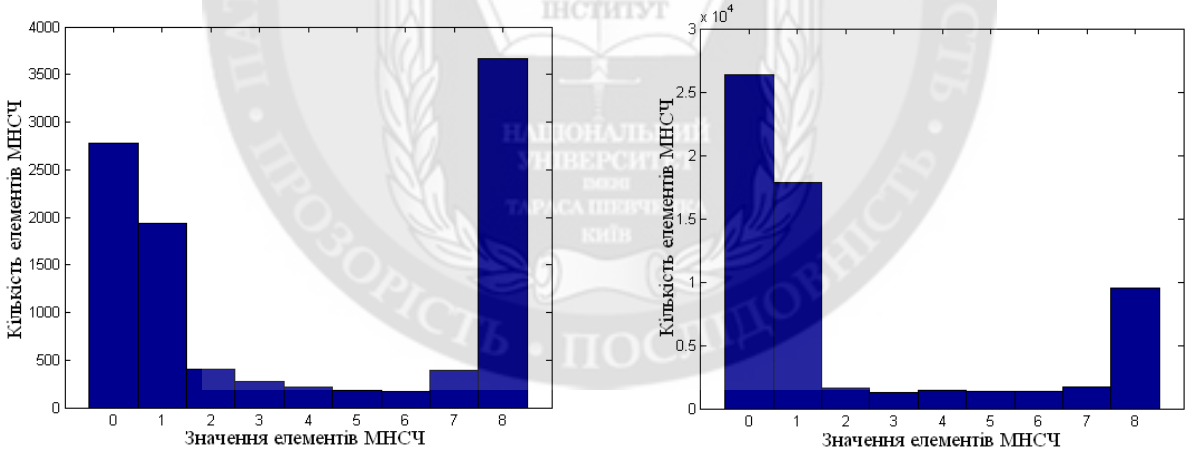
Для $T = 0.1$ має місце найбільша відмінність значень мод гістограм елементів МНСЧ блоків для цифрових контентів в різних (з/без втрат) форматах;

Для конкретного ЦЗ/кадру ЦВ для будь-якого значення (10) T можлива ситуація, коли моди гістограм значень елементів МНСЧ відповідних цифрових контентів будуть співпадати. Для $T = 0.1$ така ситуація буде мати місце рідше за інші значення параметра (рис.3);

Найменше з використаних значень параметру $T = 0.1$, враховуючи нечутливість СНЧ, зокрема найменших за значенням, відповідно з (4), дозволяє виявити в блоці кількість саме таких СНЧ, які в результаті квантування і округлення частотних коефіцієнтів блоків в процесі стиску були нулями. А саме ці СНЧ і є тою основною ознакою, яка відрізняє ЦК в різних (з/без втрат) форматах.

а б в

Рисунок 5. Тестове ЦЗ: а – вхідне ЦЗ; б – досліджуване ЦЗ розміром 800×800 пікселів; в – синя складова досліджуваного ЦЗ

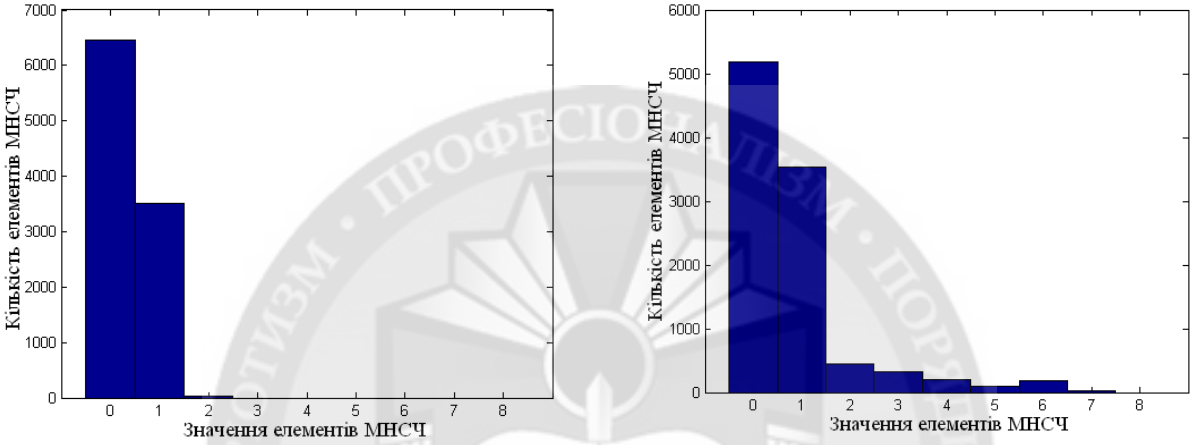


а б

Рисунок 6. Гістограми тестового ЦЗ при зміні його розміру: а – 800×800 пікселів (рис.5(в)); б – 2000×2000 пікселів

З урахування отриманих результатів обчислювального експерименту (рис.3) очевидною є можливість співпадіння мод гістограм значень елементів МНСЧ блоків ЦК в різних (з/без втрат) форматах. При детальному дослідженні встановлено, що така ситуація має місце для ЦЗ/кадру ЦВ, сцена якого має велику кількість деталей, значних перепадів значень яскравості, тобто має значну високочастотну складову навіть при збереженні з втратами. Приклад такого ЦЗ проілюстрований на рис.7, гістограми значень елементів МНСЧ блоків для відповідних ЦЗ наведені на рис.8.

Рисунок 7. Тестове ЦЗ



а б

Рисунок 8. Ілюстрація відмінностей гістограм елементів МНСЧ ($T = 0.1$) відповідних ЦЗ у різних форматах збереження при співпадінні їх мод: а – ЦЗ в форматі без втрат (Tif) (рис.7); б – відповідне ЦЗ в форматі з втратами (Jpeg ($QF = 75$))

Наявність можливості співпадіння мод гістограм МНСЧ блоків для відповідних цифрових контентів вказує на недостатність використання лише одного параметру аналізованої гістограми – її моди для того, щоб відокремити контенти в різних форматах збереження. Але, як вже зазначалося вище, МНСЧ блоків для цифрових контентів в різних форматах збереження відрізняються своїм вмістом: значення елементів для ЦК в форматі з втратами є неменшими ніж у відповідних ЦК форматі без втрат, ілюстрацією чого є рис.1,2,8. З урахуванням цього висувається наступна гіпотеза: для переважної більшості оригінальних ЦК в форматі без втрат максимальне значення МНСЧ блоків є небільшим за відповідне значення для ЦК у форматі з втратами. Ця гіпотеза знайшла своє практичне підтвердження в результаті обчислювального експерименту (табл.1). Встановлено, що для 97% досліджених при проведенні обчислювального експерименту ЦЗ її висновок має місце.

Нехай розглядається задача встановлення формату послідовності ЦЗ (одного формату) чи ЦВ, збереженого у конкретному форматі. Тут відповідь на поставлене питання може бути отриманою за допомогою аналізу гістограми Γ_{DV} мод гістограм елементів МНСЧ блоків сукупності ЦЗ/кадрів ЦВ, враховуючі значні відмінності цих гістограм (порівн. рис.3(а) і 3(б), рис.3(в) і 3(г) і т.д.) для контентів в різних (з/без втрат) форматах після отримання кількісних оцінок цих відмінностей:

Таблиця 1.

Відмінність максимального значення МНСЧ блоків для відповідних ЦЗ в різних (з/без втрат) форматах збереження

T	Множина	Кількість ЦЗ (%), для яких максимальне значення МНСЧ дорівнює:								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
0.1	Y	0	0	37	25	8	2	0	22	6
	$Y^{(70)}$	0	0	0	0	0	1	4	85	10
	$Y^{(75)}$	0	0	0	0	1	2	6	79	12
	$Y^{(80)}$	0	0	0	1	2	1	9	76	11
0.3	Y	0	0	1	60	9	2	0	22	6
	$Y^{(70)}$	0	0	0	0	0	1	4	86	9
	$Y^{(75)}$	0	0	0	0	1	2	6	79	12
	$Y^{(80)}$	0	0	0	1	2	1	10	76	10
0.5	Y	0	0	0	20	50	2	0	22	6
	$Y^{(70)}$	0	0	0	0	0	1	5	85	9
	$Y^{(75)}$	0	0	0	0	1	2	6	79	12
	$Y^{(80)}$	0	0	0	0	1	3	10	76	10
0.7	Y	0	0	0	0	59	12	1	22	6
	$Y^{(70)}$	0	0	0	0	0	1	5	85	9
	$Y^{(75)}$	0	0	0	0	0	3	6	79	12
	$Y^{(80)}$	0	0	0	0	1	3	9	76	11

При кожному значенні параметра T мода Γ_{DV} для послідовності ЦЗ/ЦВ в форматі без втрат є небільшою за моду Γ_{DV} для відповідних контентів в форматі з втратами;

Моди гістограм елементів МНСЧ блоків для ЦЗ/кадрів ЦВ в форматі без втрат практично не виходять за межі $\{0,1,2,3\}$, тоді як у випадку формату з втратами ця множина розширюється до $\{0,1,2,...,7\}$;

Значення Γ_{DV} в моді практично для всіх значень параметра T значно більше (≈1.5 рази) для випадку формату без втрат;

Загальна кількість ЦЗ/кадрів ЦВ, для яких мода гістограми елементів МНСЧ блоків знаходиться в проміжку $[0, 3]$ для випадку формату без втрат порівнянна зі 100%, на відміну від формату з втратами, де ця кількість менше 90%;

Розкид значень мод гістограм елементів МНСЧ блоків для ЦЗ/кадрів ЦВ в форматі з втратами набагато більший, ніж для формату без втрат.

Отримання кількісних характеристик для всіх якісних роздільників дасть можливість сформувати експертний метод і відповідний алгоритм.

Висновки. В роботі проведене дослідження властивостей СНЧ блоків матриць оригінальних цифрових контентів на основі ЗПАІС для створення теоретичного базису методів відокремлення ЦЗ/ЦВ в різних (з/без втрат) форматах збереження. В ході дослідження:

1. Визначені формальні параметри блоків – найменші за значенням СНЧ, властивості яких дають принципову можливість для відокремлення цифрових контентів в різних (з/без втрат) форматах збереження;

2. Обгрунтована пропозиція введення формального об’єкта дослідження – матриці найменших СНЧ блоків, що ставиться у відповідність ЦЗ/кадру ЦВ, властивості якої розрізняються в залежності від формату (з/без втрат) збереження цифрового контенту;

3. Встановлені властивості матриці найменших СНЧ блоків:

4. Мода гістограми значень елементів МНСЧ тим більше, чим менше значення коефіцієнта якості, що використовувався в процесі стиску контенту; для цифрових контентів в форматі без втрат значення моди не більше, ніж для контентів в форматі з втратами;

5. Визначене найбільш пріоритетне значення параметра *T*, що обмежує зверху значення СНЧ блоків матриці цифрового контенту, що задіюються в процесі його експертизи: $T = 0.1$, яке сприяє найбільшій різниці у властивостях відповідних МНСЧ блоків для контентів в різних форматах збереження;

6. Встановлено, що для 97% протестованих ЦЗ максимальне значення МНСЧ блоків для зображення в форматі з втратами є неменшим за відповідне значення відповідного ЦЗ у форматі без втрат;

7. Для послідовності ЦЗ одного формату, для ЦВ визначений формальний математичний об'єкт – гістограма мод гістограм МНСЧ блоків ЦЗ/кадрів ЦВ, властивості якої значно розрізняються для різних форматів збереження, що може бути використаним для розробки відповідного експертного методу.

8. Встановлення кількісних характеристик для отриманих в роботі якісних роздільників дасть можливість сформувати ефективний метод відокремлення ЦК в різних форматах збереження, що може бути застосованим як складова частина процесу стеганоаналізу, в процесі виявлення результатів фотомонтажу, де були задіяні ЦК в різних форматах тощо, тобто націлений на підвищення ефективності виявлення порушення цілісності ЦК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rai, A., Singh, A.S., Kumar, A.S. A review of information security: issues and techniques / International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. 2020. 8(5). P. 953–960.

2. Shwetha, B., Sathyanarayana, S.V. Digital image forgery detection techniques: a survey / ACCENTS Transactions on Information Security. 2017. 2(5). P. 22–31.

3. Alqahtani, F.H. Developing an information security policy: a case study approach / Procedia Computer Science. 2017. 124, P. 691–697.

4. Karthikeyan, N., Saravana Kumar, N.M., Mugunthan, S.R. Comparative study of lossy and lossless image compression techniques / International Journal of Engineering & Technology. 2018. 7. P. 950–953.

5. Гонсалес, Р., Вудс, Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1070 с.

6. Taher, M.M., Ahmad, A.R., Hameed, R.S., Mokri, S.S. A literature review of various steganography methods / Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2022. 100(5). P. 1412–1427.

7. Aggarwal, A., Sangal, A., Varshney, A. Image steganography using LSB algorithm / International Journal of Information Sciences and Application. 2019. 11(1). P. 85–89.

8. Dhawan, S., Gupta, R. Analysis of various data security techniques of steganography: a survey / Information Security Journal: A Global Perspective. 2021. 30(2). P. 63–87.

9. Кобозева, А.А. Использование особенностей возмущений сингулярных чисел матрицы цифрового изображения для обнаружения его фальсификации / Штучний інтелект. 2008. 1. С. 145–153.

10. Jalab, H.A., Subramaniam, T., Ibrahim, R.W., Kahtan, H., Mohd Noor, N.F. New texture descriptor based on modified fractional entropy for digital image splicing forgery detection / Entropy. 2019. 21(4). 371.

11. Tjoa, S., Lin, W.S., Zhao, H.V., Liu, K.J.R. Block size forensic analysis in digital images / Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP 2007, April 15–20, 2007, Honolulu, Hawaii, USA. P. I-633-I-636.

12. Luo, W., Huang, J., Qiu, G. A novel method for block size forensics based on morphological operations / Digital Watermarking (IWDW 2008), Lecture Notes in Computer Science. 2008. 5450. P. 229–239.

13. Bobok, I.I., Kobozeva, A.A. Method for detecting of digital image integrity violations due to its block processing / Радіотехніка. 2019. 199. С. 130–141.

14. Akhmametieva, A.V. Method of detection the fact of compression in digital images as an integral part of steganalysis / Інформатика та математичні методи в моделюванні. 2016. 6(4). С. 357–364.

15. Бобок, І.І. Метод виявлення зображень, перезбережених у формат без втрат з формату з втратами / Математичне та комп'ютерне моделювання. 2017. 16. С. 5–14.

16. Кобозева, А.А., Хорошко, В.А. Анализ информационной безопасности: монография. К.: ГУИКТ, 2009. 251 с.

17. Бобок І.І Розвиток загального підходу до проблеми виявлення порушень цілісності цифрових зображень / Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. 2017. 2(34). С. 78–88.

18. Bergman C., Davidson, J. Unitary embedding for data hiding with the SVD / Security, steganography and watermarking of multimedia contents VII, SPIE. 2005. 5681. P. 619–630.

19. Деммель, Д. Вычислительная линейная алгебра: теория и приложения. М.: Мир, 2001. 430 с.

20. Каханер, Д., Моулер, К., Нэш, С. Численные методы и программное обеспечение. М.: Мир, 2001. 573 с.

21. Gloe, T., Böhme, R. The "Dresden Image Database" for benchmarking digital image forensics / Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing (SAC'10). New York, 2010. P. 1585–1591.

REFERENCES

1. Rai, A., Singh, A.S., Kumar, A.S. (2020), "A review of information security: issues and techniques", International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 8(5), pp. 953–960.

2. Shwetha, B., Sathyanarayana, S.V. (2017), "Digital image forgery detection techniques: a survey", *ACCENTS Transactions on Information Security*, 2(5), pp. 22–31.

3. Alqahtani, F.H. (2017), "Developing an information security policy: a case study approach", *Procedia Computer Science*, 124, pp. 691–697.

4. Karthikeyan, N., Saravana Kumar, N.M., Mugunthan, S.R. (2018), "Comparative study of lossy and lossless image compression techniques", *International Journal of Engineering & Technology*, 7, pp. 950–953.

5. Gonzalez, R.C., Woods, R.E. (2006), "*Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy*" [Digital Image Processing], Technosfera, Moscow, 1070 p.

6. Taher, M.M., Ahmad, A.R., Hameed, R.S., Mokri, S.S. (2022), "A literature review of various steganography methods", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100(5), pp. 1412–1427.

7. Aggarwal, A., Sangal, A., Varshney, A. (2019), "Image steganography using LSB algorithm", *International Journal of Information Sciences and Application*, 11(1), pp. 85–89.

8.Dhawan, S., Gupta, R. (2021), "Analysis of various data security techniques of steganography: a survey", *Information Security Journal: A Global Perspective*, 30(2), pp. 63–87.

9. Kobozeva, A.A. (2008), "Ispol'zovanie osobennostey vozmuscheniy singulyarnyh chisel matritsi tsifrovogo izobrazheniya dlya obnaruzheniya ego fal'sifikatsii" [Application of image matrix singular values disturbances for image forgery detection], *Artificial Intelligence*, 1, pp. 145–153.

10. Jalab, H.A., Subramaniam, T., Ibrahim, R.W., Kahtan, H., Mohd Noor, N.F. (2019), "New texture descriptor based on modified fractional entropy for digital image splicing forgery detection", *Entropy*, 21(4), 371.

11. Tjoa, S., Lin, W.S., Zhao, H.V., Liu, K.J.R. (2007), "Block size forensic analysis in digital images", *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP 2007*, April 15-20, 2007, Honolulu, Hawaii, USA. pp. I-633-I-636.

12. Luo, W., Huang, J., Qiu, G. (2008), "A novel method for block size forensics based on morphological operations", *Digital Watermarking (IWDW 2008), Lecture Notes in Computer Science*, 5450, pp. 229–239.

13. Bobok, I.I., Kobozeva, A.A. (2019), "Method for detecting of digital image integrity violations due to its block processing", *Radiotechnika*, 199, pp. 130–141.

14. Akhmametieva A.V. (2016), "Method of detection the fact of compression in digital images as an integral part of steganalysis", *Informatics and mathematical methods in modelling*, 6(4), pp. 357–364.

15. Bobok, I.I. (2017), "Metod vyyavlennyazobrazhen', perezberezhennyh u format bez vtrat z formatu z vtratamy" [A method for detecting images converted to a lossless format from a lossy format], *Mathematical and Computer Modelling*. Series: Technical Sciences, 16, pp. 5–14.

16. Kobozeva, A.A., Khoroshko, V.A. (2009), "*Analiz informatsionnoy bezopasnosti*" [Information Security Analysis], GUIKT, Kyiv, 251 p.

17. Bobok, I.I. (2017), "Rozvytok zagalnogo pidhodu do problem vyyavlennya porushen' tsilisnosti tsyfrovyh zobrazhen" [Development of a general approach to the problem of detecting integrity violations of digital images] / *Legal, Regulatory and Metrological Support of Information Security System in Ukraine*, 2, pp. 78–88.

18. Bergman C., Davidson, J. (2005), "Unitary embedding for data hiding with the SVD", *Security, steganography and watermarking of multimedia contents VII, SPIE*, 5681, pp. 619–630.

19. Demmel, D. (2001), "*Vychislitelnaya linejnaya algebra: teoriya i prilozheniya*" [Numerical Linear Algebra: Theory and Applications], Mir, Moscow, 430 p.

20. Kahaner, D., Moler, C., Nash, S. (2001), "*Chislennie metody i programmnoe obespechenie*" [Numerical Methods and Software], Mir, Moscow, 573 p.

21. Gloe, T., Böhme, R. (2010), "The "Dresden Image Database" for benchmarking digital image forensics", *Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing (SAC '10)*, pp. 1585–1591.

D.Sci. **Bobok I.I.,** D.Sci. prof. **Kobozieva A. A.,** D.Sci. prof. **Maevsky D.**

STUDY OF THE PARAMETERS OF THE DIGITAL CONTENT MATRIX BLOCKS IN DIFFERENT STORAGE FORMATS AS A THEORETICAL BASIS FOR THE METHODS OF DETECTING VIOLATIONS OF ITS INTEGRITY

Unauthorized changes of digital information contents, in particular images, videos, which are considered in the work, the detection of which is a difficult and urgent task, require the development of new approaches and methods. In case of unauthorized changes in digital contents, there is often a change in the format (lossy/lossless) of its preservation (in whole or in part), in particular when organizing a steganographic communication channel, photomontage, etc. Thus, the identification of the fact of re-preservation of digital content in a format different from the original one is a pointer to the violation of its integrity, making the task of separating content in different formats urgent. The aim of the work is to study the properties of the formal parameters of blocks of original digital content to create a theoretical basis for the methods of separating content in various storage formats. In the course of the study: the formal parameters – the smallest singular values of the blocks of the corresponding matrices, based on the properties of which the proposal to introduce a formal research object – the matrix of the smallest singular values of the blocks, corresponding to the digital content and having properties that differ depending on from the digital content storage format – were determined; for a sequence of digital images of the same format, for digital video, a formal mathematical object is defined – a histogram of modes of histograms of matrices of the smallest singular values of blocks of images/frames of video, the properties of which differ significantly for different storage formats, which can be used to develop an appropriate expert method. Establishing quantitative characteristics for qualitative separators obtained in the work will provide an opportunity to form effective methods of separating digital contents in various storage formats, which can be applied as a component of the steganalysis process, in the process of detecting the results of photomontage, where contents in various formats were involved, etc.

Keywords: digital image, digital video, lossy format, lossless format, singular value

УДК 004.891

д.т.н., проф. **Лєнков С.В.** (ВІКНУ)
к.т.н., доц. **Джулій В.М.** (ХмНУ)
к.т.н. **Берназ А.М.** (ШСВ ЗСУ)
к.т.н., доц. **Муляр І.В.** (ХмНУ)
к.т.н., доц. **Пампуха І.В.** (ВІКНУ)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-12

МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ДАНИХ ТЕМАТИЧНИХ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ

В роботі продено дослідження задачі прогнозування вразливостей інформаційної безпеки на основі проведеного аналізу даних тематичних інтернет-ресурсів. На тлі стрімкого розвитку інформаційних технологій відзначається, зростання активності різноманітності комп'ютерних атак, здійснюваних і запланованих із застосуванням сучасних новітніх технологій. Очевидною проблемою інформаційної безпеки суспільства, сьогодення стала шкідлива інформація, також необхідно зазначити, що злочинні та терористичні угрупування беруть на озброєння, дедалі частіше, засоби інформаційного впливу, розробляють та пишуть стратегії, спрямовані на залучення нових адептів та розширення сфери впливу через соціальні мережі. Аналіз проведеного дослідження поточного стану в області інформаційної безпеки показує, що темпи розвитку інформаційних та комп'ютерних технологій значно випереджають процес створення програмно-апаратного забезпечення в області інформаційної безпеки. Пріоритетними, в даній ситуації, є задача аналізу, класифікації, виявлення діючих механізмів та засобів проведення атак і загроз інформаційній безпеці системи, які можуть призвести до отримання несанкціонованого доступу до конфіденційних даних, порушення функціонування інформаційної системи, визначення заходів протидії атакам та загрозам, оцінка заданої шкоди, розробка нормативно-правової бази, механізмів захисту та критеріїв інформаційної безпеки системи протидії. На сьогодні не існує єдиного підходу до вирішення проблеми захищенності інформаційно-пошукових систем, стосовно предметних областей: розробниками програмно-апаратного захисту інформації пропонуються відповідні компоненти на вирішення конкретних задач; забезпечення надійного захисту інформаційних ресурсів потребує реалізації відповідних технічних та організаційних заходів в комплексі, що супроводжуються розробкою відповідної документації. Більшість сучасних програмно-апаратних систем виявлення комп'ютерних загроз та атак працюють із використанням підходів сигнатурного аналізу та фіксації інтернет-мережевих аномалій. Дані підходи мають недоліки, пов'язані із використанням потужних обчислювальних ресурсів на їх реалізацію, при виявленні нових комп'ютерних загроз мають низьку ефективність. Метод прогнозування вразливостей інформаційної безпеки на основі даних інтернет-ресурсів, заснований на нечіткому логічному виводу, семантичному та статистичному аналізі, відрізняється можливістю виявлення вразливостей та загроз до їх реалізації, дозволяє описувати закономірності інформаційного процесу наповнення тематичних ресурсів новими текстовими повідомленнями, що відображається на якості прогнозування.

Реалізований в інформаційно-аналітичній системі алгоритм прогнозування вразливостей та загроз безпеки інформації на основі аналізу потоку даних тематичних ресурсів дозволяє автоматизувати інформаційний процес виявлення нових вразливостей, загроз, надає фахівцям інформаційної безпеки можливість оцінити своєчасно ступінь захищеності ресурсів та при необхідності вжити відповідних заходів щодо нейтралізації можливих загроз та вразливостей, тим самим підвищити інформаційну безпеку обчислювальних комп'ютерних систем від реалізації нових мережевих комп'ютерних атак.

Ключові слова: інформаційна безпека, тематичні інтернет-ресурси соціальні мережі, джерела повідомлень, вразливості, атаки, інформаційна система.

Вступ. На сучасному етапі на більшість сфер діяльності суспільства зростає вплив глобальних інформаційних технологій. Відзначаються, при цьому, високі темпи розвитку світових єдиних телекомунікаційного та інформаційного просторів, сформувалися в суспільстві нові соціальні групи, виявляється значний вплив на сформований історично спосіб життя людей [1,2]. На тлі стрімкого розвитку інформаційних технологій відзначається, зростання активності різноманітності комп'ютерних атак, здійснюваних і запланованих із застосуванням сучасних новітніх технологій. Очевидною проблемою інформаційної безпеки суспільства, сьогодення стала шкідлива інформація, також необхідно зазначити, що злочинні та терористичні угрупування беруть на озброєння, дедалі частіше, засоби інформаційного впливу, розробляють та пишуть стратегії, спрямовані на залучення нових адептів та розширення сфери впливу через соціальні мережі. Актуальними та пріоритетними на сучасному етапі є задачі аналізу, класифікації виявлення існуючих механізмів реалізації атак та загроз інформаційної безпеки, які можуть призвести до отримання несанкціонованого доступу до конфіденційної інформації, порушення функціонування інформаційних систем. Однією зі складових надійного забезпечення інформаційної безпеки держави є проведення аналізу, виявлення, моніторинг та активна протидія розповсюдженню шкідливої інформації в соціальних мережах [1,3-5].

Таким чином, постає задача визначення заходів протидії атакам та загрозам, усунення вразливостей, оцінки заданої можливої шкоди, розробка нормативно-правової бази, механізмів захисту та критеріїв безпеки. Важливість даних проблем пов'язана з наступними основними факторами: зростанням різноманітності та кількості засобів комп’ютерної техніки та сфер людської діяльності їх застосування; високим рівнем довіри до інформаційно-пошукових систем обробки та управління даними; зростанням числа користувачів інформаційного простору взаємодії; накопиченням великих об’ємів різнотипної інформації, інтенсивним обміном потоком даних в мережі між користувачами, з використанням широкого спектра механізмів доступу до конфіденційних ресурсів, інформаційних процесів; промисловим шпигунством та конкурентною боротьбою у сфері інформаційних послуг суспільства; недостатньою кількістю, на сучасному етапі, фахівців високої кваліфікації в області інформаційної безпеки, ринковими відношеннями в області розробки програмного забезпечення, обслуговування, розповсюдження, виробництва обчислювальної комп'ютерної техніки для реалізації інформаційної безпеки; різноманіттям атак, загроз і різнотипних каналів отримання несанкціонованого доступу до конфіденційних ресурсів та диференціацією негативних наслідків [6-8,13].

Аналіз останніх досліджень та постановка задачі. Аналіз проведеного дослідження поточного стану в області інформаційної безпеки показує, що темпи розвитку інформаційних та комп'ютерних технологій значно випереджають процес створення програмно-апаратного забезпечення в області інформаційної безпеки. Пріоритетними, в даній ситуації, є задача аналізу, класифікації, виявлення діючих механізмів та засобів проведення атак і загроз інформаційній безпеці системи, які можуть призвести до отримання несанкціонованого доступу до конфіденційних даних, порушення функціонування інформаційної системи, визначення заходів протидії атакам та загрозам, оцінка заданої шкоди, розробка нормативно-правової бази, механізмів захисту та критеріїв інформаційної безпеки системи протидії [2, 3,9,10,13,14]. На сьогодні не існує єдиного підходу до вирішення проблеми захищенності інформаційно-пошукових систем, стосовно предметних областей: розробниками програмно-апаратного захисту інформації пропонуються відповідні компоненти на вирішення конкретних задач; забезпечення надійного захисту інформаційних ресурсів потребує реалізації відповідних технічних та організаційних заходів в комплексі, що супроводжуються розробкою відповідної документації [2,6,8]. Результати аналізу проведеного дослідження вказують на необхідність вирішення наступних задач для забезпечення інформаційної безпеки: формування основ для опису процесів реалізації та виникнення атак, загроз,

вразливостей інформаційної безпеки системи в умовах невизначеності та непередбачуваності їх прояву; розробка відповідних засобів забезпечення захисту конфіденційної інформації на основі проведеного дослідження та класифікації вразливостей, загроз; визначення загальних підходів до створення інформаційних систем забезпечення захисту конфіденційних даних, механізмів управління захистом на різних рівнях діяльності суспільства [2,7,11]. Одним із підходів вирішення наведених задач є застосування існуючих систем виявлення комп'ютерних атак, для захисту інформації. В аналітичних оглядах компаній, у сфері інтернет-технологій та захисту інформації наводяться висновки, що в останні роки на інформаційно-пошукові системи, про зростання кількості загроз, а також трансформації засобів, які використовуються нелигітимними кореспондентами, у повноцінну інформаційну зброю [3,4,6,11,13]. Більшість сучасних програмно-апаратних систем виявлення комп'ютерних загроз та атак працюють із використанням підходів сигнатурного аналізу та фіксації інтернет-мережевих аномалій. Дані підходи мають недоліки, пов'язані із використанням потужних обчислювальних ресурсів на їх реалізацію, а також, при цьому, при виявленні нових комп'ютерних загроз мають низьку ефективність [6,10].

Основними джерелами надходження знань про вразливості та атаки інформаційної безпеки є бази даних та знань, створювані державними, українськими та зарубіжними комерційними структурами. Наповнення інформаційних баз даних здійснюється із залученням дослідних авторитетних центрів експертним шляхом. Разом з тим, інформація, що міститься в базах даних та знань вразливостей та загроз не є повною. Актуальним залишається задача виявлення доступних інформаційних ресурсів, про комп'ютерні загрози, віруси, вразливості, а також можливість доступу до результатів досліджень компаній з виявлення загроз інформаційної безпеки систем протидії [3,8,10,13].

Одним із джерел надходження інформації про вразливості та загрози інформаційної безпеки є інтернет-ресурси (інформаційні соціальні ресурси, також анонімні, які відносяться до інформаційної безпеки), обумовлено популярністю спеціалізованих інтернет-ресурсів, хто цікавиться відповідними предметними областями.

Основна складність виявлення та протидії поширенню шкідливої інформації в соціальних мережах безпосередньо слідує із використанням на сучасному етапі тенденцій розвитку інформаційно - технологічної сфери, а саме: збільшення швидкості поширення шкідливої інформації в соціальних мережах; швидкості виникнення нових джерел поширення шкідливої інформації; збільшення об’єму інформації, що містить шкідливі повідомлення; швидкості тиражування повідомлень в мережі; кількості сценаріїв привернення уваги аудиторії; рівня гетерогенності даних. Таким чином, розглянуті тенденції поширення шкідливої інформації в Інтернет мережах, зумовлюють необхідність підвищення ефективності протидії та виявлення в соціальних мережах шкідливої інформації, враховуючи також при цьому, обґрунтованість та оперативність [1,3,5,7,14].

За своєю архітектурою соціальні мережі є багатокомпонентними рішеннями, в архітектурі мережі знаходяться: компоненти, які здійснюють обробку контенту; компоненти, які забезпечують функції маркетингу, адміністрування, зберігання даних. Соціальні мережі не містять окремого компонента виявлення та протидії поширенню шкідливій інформації [4].

Протидія поширенню шкідливої інформації у соціальних мережах є важливим елементом інформаційної безпеки особистості, суспільства, держави, проте більшість систем, на теперішній час не враховує простір функціональності системи виявлення та протидії поширенню шкідливою інформації. При розробці методу протидії поширенню шкідливої інформації в Інтернет мережі, необхідно: в повній мірі, враховувати кількість повідомлень на сторінці, характеристики джерела, зворотній зв'язок від джерела та аудиторії повідомлень; підтримувати дві стадії роботи системи протидії: налаштування, експлуатація; ранжувати контрзаходи з урахуванням коефіцієнтів складності [2,5,10,13].

Задача підвищення ефективності методів виявлення нових вразливостей та загроз конфіденційним даним інформаційних систем на основі розробки комплексів програм та алгоритмів є актуальною, дозволить здійснювати аналіз та виявлення інформаційних джерел, які містять інформацію про вразливості, шкідливе програмне забезпечення, комп'ютерні атаки. Обґрунтована можливість проведення аналізу тематичних інтернет-ресурсів як джерела виявлення вразливостей та загроз інформаційній безпеці [6,9,11].

Алгоритм фільтрації потоку тематичних повідомлень та статистичного аналізу поширенню шкідливої інформації в соціальних мережах

Проведений порівняльний аналіз досліджень в області протидії та виявлення шкідливої інформації в соціальних мережах дозволив визначити загальні вимоги до системи протидії, в основу реалізації, покладено модельно-методичний аппарат [2,4,10,11,13].

На підставі описаних особливостей функціонування тематичних інтернет-ресурсів, методів семантичної фільтрації текстових повідомлень та послідовність проведення аналізу створюваних учасниками форуму повідомлень в період проведення аналізу тематичних повідомлень може бути представлена наведеним алгоритмом на рис. 1.

Запропонований алгоритм фільтрації потоку повідомлень та статистичного аналізу передбачає фільтрацію тематичних повідомлень, що не відносяться до заданої предметної області, яка задана відповідною онтологією, а також підрахунок кількості текстових повідомлень, що пройшли етап фільтрації потоку даних, та визначення середнього рейтингу авторів текстових повідомлень.

Вхідними параметрами алгоритму фільтрації потоку повідомлень та статистичного аналізу інформаційної безпеки є: D_τ – множина текстових повідомлень тематичних інтернет-ресурсів, створених в період проведення аналізу потоку даних; O – онтологія предметної області вразливостей та загроз інформаційної безпеки конфіденційних даних.

Основні кроки алгоритму проведення аналізу потоку текстових повідомлень наступні:

1. Обнулення значень K_τ – кількості тематичних повідомлень про вразливості та загрози інформаційної безпеки конфіденційних даних та A_τ – середнього рейтингу авторів тематичних повідомлень створених у період часу проведення аналізу τ;

2. Обчислення для кожного текстового повідомлення коефіцієнта k_{Ont} – близькості до термінів предметної області O заданої онтології;

3. Додавання тематичних повідомлень множини D_τ, для яких виконується нерівність $k_{Ont} > 0$, до бази даних прецедентів для їх подальшого використання для формування відповідних звітів прогнозування вразливостей та загроз інформаційної безпеки конфіденційних даних;

4. Обчислення K_τ – кількості повідомлень множини D_τ, для яких виконується нерівність $k_{Ont} > 0$;

5. Обчислення A_τ – середнього рейтингу авторів тематичних повідомлень множини D_τ, для яких виконується нерівність $k_{Ont} > 0$.

Результатом роботи запропонованого алгоритму аналізу потоку текстових повідомлень є визначення статистичних показників, що характеризують потік тематичних повідомлень в період проведення аналізу потоку даних: K_τ – кількість текстових повідомлень, що містять терміни вразливостей та загроз інформаційної безпеки з онтології конфіденційним даним; A_τ – середній рейтинг авторів тематичних повідомлень, що містять терміни вразливостей та загроз інформаційної безпеки з онтології конфіденційним даним; поповнення бази даних прецедентів текстовими повідомленнями, що містять терміни вразливостей та загроз інформаційної безпеки з онтології конфіденційним даним.

Отриманні результати застосування запропонованого алгоритму аналізу потоку текстових повідомлень можуть бути використані як значення вхідних параметрів у системі логічного нечіткого виводу та при формуванні звітів прогнозування вразливостей та загроз інформаційній безпеці організації.

Запропоноаваний алгоритм аналізу тематичних інтернет-ресурсів потоку текстових повідомлень дозволяє обчислювати статистичні параметри, здійснювати семантичну фільтрацію текстових повідомлень, а також результати алгоритму можуть бути використанні для побудови системи логічного нечіткого виводу для прогнозування подій предметної області для якої проводиться аналіз.

Метод прогнозування вразливостей інформаційної безпеки на основі аналізу даних тематичних інтернет-ресурсів

Результати проведеного дослідження вказують на важливість при забезпеченні захисту інформаційно - обчислювальних систем задачі щодо підтримки в актуальному стані моделі загроз інформаційної безпеки конфіденційних даних [2]. Фахівцю, який забезпечує безпеку даних інформаційно - обчислювальних систем, необхідно своєчасно приймати адекватні рішення щодо необхідності перегляду моделі інформаційної безпеки конфіденційних даних, у разі виявлення вразливостей або виникнення загроз. Існуючі, на теперішній час, методи підтримки прийняття рішень надають наступні можливості: визначати критеріальні оцінки параметрів та ранжувати критерії, значущими для заданої задачі (надає можливість оцінити надані варіанти рішень); формалізувати процес на основі наявних даних знаходження рішення (процес генерації варіантів розв'язку); використовувати формальні процедури прийнятих рішень прогнозування наслідків; використовувати під час прийняття колективних рішень формалізовані процедури узгодження; вибирати кращий варіант, що призводить до розв'язання поставленої задачі [3,6,8,10,11,13]. Основні задачі, які вирішуються методами підтримки прийняття рішення: вибір альтернативи; генерація варіантів рішення (альтернатив). Критерій підтримки прийняття рішень - функція, що виражає переваги особи, яка приймає відповідне рішення, визнає правило, за яким вибирається оптимальний чи прийнятний варіант рішення задачі. Існує безліч критеріїв підтримки прийняття рішень, що використовуються в залежності від умов поставленої задачі [4,8,12]. Нечіткі множини застосовуються при вирішенні поставленої задачі при необхідності описувати нечіткі знання та поняття, а також в подальшому проводити операції з цими знаннями і поняттями та формувати нечіткі виводи.

Обґрунтованість застосування нечітких моделей при вирішенні поставленої задачі пов'язана зі значним ступенем присутності невизначеності, по причині складності предметної області та неповноти наданої інформації, а також наявністю відповідних відомостей про систему якісного характеру [8-10]. Основною перевагою використання нечітких систем є їх універсальність, будь-яку безперервну функцію можна представити із заданою точністю нечіткою моделлю. Інформаційні системи, що побудовані на логічній нечіткій логіці, дозволяють синтезувати модель об'єкта предметної області, на основі евристичної інформації, а також інформації отриманої експертним шляхом або в результаті проведення експерименту. До недоліків логічних нечітких систем відносять низьку швидкість при великій кількості керуючих правил їх роботи, відсутність, на теперішній час, алгоритмів, що дозволяють здійснювати синтез стійких моделей [3-12].

Побудова логічних нечітких систем при вирішенні певних відповідних задач, на відміну від використання класичних методів, нерідко передбачає введення суб'єктивного характеру додаткових аксіом. У зв'язку з цим, процес створення логічних нечітких моделей притаманні елементи творчості [8, 12,13]. Як правило, методи логічного нечіткого виводу застосовуються для вирішення задач, пов'язаних, насамперед з апроксимацією функцій, класифікацією та розпізнаванням образів, управлінням та моделюванням нелінійними об'єктами, прийняття адекватних рішень в умовах невизначеності [12, 13].

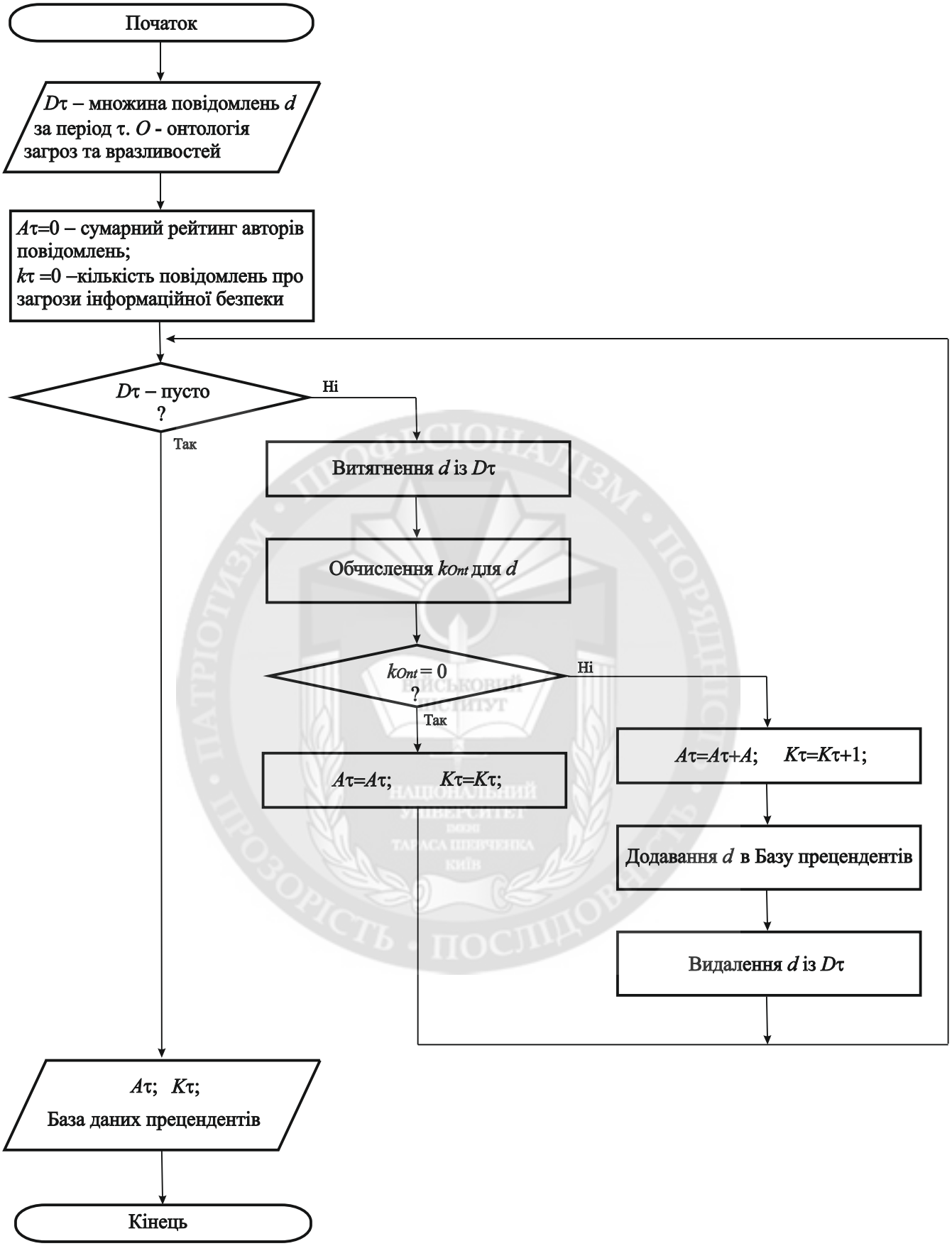


Рисунок 1 . Алгоритм фільтрації потоку тематичних повідомлень та статистичного аналізу

Центральне місце в системах логічного нечіткого моделювання займає нечіткий вивід, який є відповідною процедурою або алгоритмом для отримання логічних нечітких виводів, ґрунтуючись на застосуванні операцій нечіткої логіки та нечітких передумов.

У загальному вигляді структура системи логічного нечіткого виводу та послідовність реалізованих системою етапів представлена на рис. 2.

Продукційне правило для системи нечітко логічного виводу, відповідно до існуючих на теперішній час методик побудови бази знань правил логічної нечіткої системи, представляється наступним чином (1):

$$ЯКЩО\left(u_1 \in A_1\right) I \ldots I \left(u_n \in A_n\right) ТО \left(y \in Q_j\right), \quad (1)$$

де $u_1,\ldots,u_n$ – нечіткі змінні логічної нечіткої системи з n входами; $A_1,\ldots,A_n$ – нечіткі множини, що відповідають нечітким змінним $u_1,\ldots,u_n$; y – нечітка вихідна логічна змінна; Q_j – нечітка множина, що відповідає нечіткій логічній змінній y.

Рисунок 2. Структура системи нечіткого логічного виводу

Фазифікацією вхідних змінних називається - процес перетворення чітких значень вхідних параметрів у відповідні їм нечіткі множини. В залежності від виду функцій приналежності, реалізуються процеси фазифікації наступні: гаусова, трикутна, одноелементна [12]. В результаті одноелементної, наприклад, фазифікації чіткого числа u_i для i – го входу нечіткої системи створюється $\tilde{A}_i$ – нечітка множина з функцією приналежності «Сінглтон»:

$$\mu_{\tilde{A}_i}(x) = \begin{cases} 1, & x = u_i \\ 0, & інакше \end{cases} \quad (2)$$

Значення коефіцієнтів ступенів приналежності підумов нечітких логічних продукцій обчислюються як результат перетину нечітких множин системи $\tilde{A}_i$, отриманих шляхом фазифікації вхідних параметрів u_i та нечітких множин системи A_i із відповідних правил бази знань нечітких продукцій. При перетині нечітких множин системи застосовується, так звана Т-норма. Її часним випадком є операція отримання значення мінімуму (3):

$$\tilde{A}_i\left(u_i\right) = \tilde{A}_i\left(u_i\right) \wedge A_i\left(u_i\right), \quad (3)$$

де A_i - нечітка множина системи, яка визначена для i - ї підумови деякого продукційного правила (1); $\tilde{A}_i$ – нечітка множина системи, яка отримана в результаті фазифікації чіткого

значення змінної для *i* - го входу системи; $\tilde{A}_i$ – нечітка множина логічної системи, що відповідає *i* – й умові деякого продукційного правила бази даних.

Процедури агрегування умов, акумулювання та активізації підзаключень правил нечітких продукцій логічної системи, а також операція дефазифікації залежить від вибору відповідного алгоритму нечіткого логічного виводу [12].

На теперішній час найбільш затребувані алгоритми нечіткого логічного виводу Ларсена, Такагі-Сугено, Цукамото та Мамдані. Найбільшою популярністю при вирішенні прикладних завдач використуються алгоритми Мамдані і Такаги-Сугено [12].

Аналіз проведених досліджень оцінки ефективності наведених алгоритмів нечіткого логічного виводу показав, що їх застосування залежить від специфіки задачі, яку необхідно вирішувати з їх використанням. Застосування алгоритму Мамдані дозволяє, при цьому, уникнути великих об'ємів обчислювальних операцій. З урахуванням даної особливості пов'язана його популярність при вирішенні практичних задач нечіткого логічного моделювання.

Таким чином, беручи до уваги, що алгоритм Мамдані для вирішення нечіткої задачі використовує менші обчислювальні ресурси і реалізації нечіткого виводу, то для вирішення задачі прогнозування вразливостей та загроз інформаційної безпеки конфіденційних даних обрано алгоритм Мамдані.

Метод прогнозування вразливостей та загроз інформаційної безпеки включає наступні етапи:

1. Етап формування правил логічних нечітких продукцій у вигляді :

$$ЯКЩО\left(u_1 \in A_1\right) I \ldots I\left(u_n \in A_n\right) TO\left(y \in Q_j\right)$$

2. Етап фазифікації вхідних параметрів за формулою:

$$\mu_{\tilde{A}_i}(x) = \begin{cases} 1, & x = u_i \\ 0, & інакше \end{cases}$$

3. Етап обчислення коефіцієнтів ступенів приналежності підумов відповідно до правил логічних нечітких продукцій за формулою:

$$\tilde{A}_i\left(u_i\right) = \tilde{A}_i\left(u_i\right) \wedge A_i\left(u_i\right),$$

4. Етап агрегування умов, відповідно до правил нечітких логічних продукцій. Визначення значень коефіцієнтів ступенів приналежності передумов кожного продукційного правила. При перетині нечітких логічних множин використовується метод Т-норма, часним випадком є операція мінімуму:

$$a_j = \tilde{A}_1\left(u_1\right) \wedge \tilde{A}_2\left(u_2\right) \wedge \ldots \wedge \tilde{A}_n\left(u_n\right),$$

де a_j - ступінь приналежності передумови для *j* - го правила; $\tilde{A}_1\left(u_1\right) \wedge \tilde{A}_2\left(u_2\right) \wedge \ldots \wedge \tilde{A}_n\left(u_n\right)$ - нечіткі логічні множини для *n* підумов *j*-го правила. При цьому використовуються і вважаються активними для подальших розрахунків ті продукційні правила, для яких значення коефіцієнтів ступенів приналежності передумов не є нулем.

5. Етап активізації нечітких виводів у правилах логічних нечітких продукцій. Здійснюється, дана операція, із застосуванням операції мінімуму. Для вихідних параметрів визначаються «усічені» функції приналежності, розглядаються лише активні правила логічних нечітких продукцій.

$$\overline{Q}_i\left(y\right) = a_j \wedge Q_i\left(y\right),$$

де a_j - значення коефіцієнта ступеня приналежності передумови j - го правила продукції, $Q_i(y)$ - нечітка множина виводів j - го продукційного правила, $\overline{Q}_i(y)$ - «усічена» нечітка множина виводів j - го продукційного правила.

6. Етап акумуляції виводів правил логічних нечітких продукцій. Здійснюється об'єднанням знайдених «усічених» логічних функцій приналежності та отриманням для вихідного параметру підсумкової логічної нечіткої множини. Для об'єднання логічних нечітких множин застосовується метод S-норма, окремим випадком застосування якого є операція максимуму:

$$\overline{Q}(y) = \overline{Q}_1(y) \vee \overline{Q}_2(y) \vee ... \vee \overline{Q}_j,$$

де $\overline{Q}(y)$ – логічна нечітка множина, що відповідає результату роботи логічної нечіткої системи; $\overline{Q}_1(y) \vee \overline{Q}_2(y) \vee ... \vee \overline{Q}_j$ – «усічені» нечіткі логічні множини, що відповідають виводам продукційним активним правилам.

7. Етап дефазифікації. Отриманий нечіткий результат логічного виводу приводиться до чіткого представлення, із застосуванням методу центра ваги.

$$y = \frac{\sum_{j=1}^{R} b_j \int \mu_{\overline{Q}_j}(y) dy}{\sum_{j=1}^{R} \int \mu_{\overline{Q}_j}(y) dy}, \tag{4}$$

де y - чітке значення результату виходу логічної нечіткої системи; b_j - центри функцій приналежності відповідних термів онтології вихідної нечіткої змінної y для j - го правила продукції; R – кількість правил логічних нечітких продукцій; $\int \mu_{\overline{Q}_j}(y) dy$ – величина площі під усіченою нечіткою множиною $\overline{Q}_j$ для j-го правила продукції.

Для прискоренного проведення обчислень застосовується дискретна форма:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^{R} a_j b_j}{\sum_{j=1}^{R} a_j} \tag{5}$$

При побудові системи логічного нечіткого виводу виникнення вразливостей та загроз інформаційної безпеки конфіденційних даних на основі проведеного аналізу потоку текстових повідомлень тематичних інтернет-ресурсів, як вхідними параметрами можуть виступати наступні показники статистичного аналізу - середній рейтинг авторів текстових повідомлень, створених у період часу проведення аналізу, частота виникнення нових текстових повідомлень, що містять терміни вразливостей та загроз. Частота появи текстових повідомлень вимірюється в одиницях на добу, середній рівень рейтингу авторів тематичних повідомлень – в одиницях, ймовірність виникнення вразливості чи загрози – у відсотках.

Запропонована база знань правил нечітких продукцій та функції приналежності для системи логічного нечіткого вививоду про виникнення вразливостей та загроз інформаційної безпеки конфіденційних даних, ґрунтується на проведенні аналізу потоку даних тематичних форумів інтернет-ресурсів, відрізняється від наявних, можливістю адаптивного опису закономірностей процесу наповнення інтернет - форумів новими текстовими повідомленнями, шляхом застосування додаткових вхідних параметрів системи логічного нечіткого виводу та модифікації функцій приналежності, що дозволяє покращити якість прогнозування можливих вразливостей та загроз.

Запропоновано алгоритм проведення аналізу потоку текстових повідомлень тематичних форумів інтернет-ресурсів, що відрізняється від наявних, можливістю здійснювати: обчислення статистичних параметрів, семантичну фільтрацію текстових повідомлень для побудови системи логічного нечіткого виводу для прогнозування подій під час проведення дослідження заданої предметної області.

Висновки. Вирішена задача, полягає в підвищенні ефективності засобів та методів виявлення вразливостей та загроз інформаційної безпеки конфіденційних даних на основі розробки інформаційно-аналітичної системи та алгоритмів для проведення дослідження потоку повідомлень тематичних форумів інтернет-ресурсів.

Метод прогнозування вразливостей та загроз безпеки інформації, заснований на логічному нечіткому виводу, семантичному та статистичному аналізі, відрізняється від аналогів можливістю виявлення вразливостей та загроз до їх безпосередньої реалізації, а також гнучко дозволяє описувати закономірності процесу наповнення тематичних форумів інтернет-ресурсів новими текстовими повідомленнями, що в результаті сприяє покращенню якості прогнозування загроз. Алгоритм проведення дослідження потоку текстових повідомлень тематичних форумів інтернет-ресурсів, заснований на семантичному та статистичному аналізі, відрізняється від наявних можливістю обчислювати статистичні параметри, здійснювати семантичну фільтрацію текстових повідомлень, для прогнозування подій системи нечіткого логічного виводу.

Реалізований в інформаційно-аналітичній системі метод прогнозування вразливостей та загроз безпеки інформації на основі дослідження потоку даних тематичних ресурсів дозволяє автоматизувати інформаційний процес виявлення нових вразливостей, загроз, надає фахівцям інформаційної безпеки можливість оцінити своєчасно ступінь захищеності ресурсів та при необхідності вжити відповідних заходів щодо нейтралізації можливих загроз та вразливостей, тим самим підвищити інформаційну безпеку обчислювальних комп'ютерних систем від реалізації нових мережевих комп'ютерних атак.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ленков, С.В. Модель безпеки поширення забороненої інформації в інформаційно-телекомунікаційних мережах / С.В. Ленков, В.М. Джулій, В.С. Орленко, О.В. Сєлюков, А.В. Атаманюк // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2020. – Вип. №68. – С. 53-64.

2. Джулій, В.М. Модель потоку текстових повідомлень тематичних інтернет-ресурсів системи прогнозування інформаційної безпеки / В. Джулій, Н. Петляк, Ю. Хмельницький, О. Пахар // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2022. – № 5. – С. 294-300.

3. Lienkov, S., Podlipaiev, V., Tolok, I., Lisitsky I., .Lytvynenko, N., Kuznichenko, S. The Information and Analytical Using of Non-Structured Information Resources CEUR Workshop Proceedingsthis link is disabled, 2021, 3126, стр. 81–87.

4. Соціальні мережі – реальні загрози віртуального світу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ogo.ua/ articles/view/011–02–23/26490.htm.

5. Ленков, С.В. Методы и средства защиты информации. В 2-х томах /С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко –К: Арий, 2008.–464с

6. Остапов С. Е. Технології захисту інформації: навчальний посібник / С.Е. Остапов, С.П. Євсеєв, О.Г. Король – Харків : Вид-во ХНЕУ, 2016. – 476 с.

7. Лєнков, С.В. Аналіз існуючих методів та алгоритмів виявлення атак в бездротових мережах передачі даних / С.В. Лєнков, 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

8. Джулій, В.М. Інформаційно-ознакова модель шкідливої інформації в соціальних мережах/ І.В. Муляр, В.М. Джулій, В. М. Пічура, О.О Зацепіна – Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах № 3 (2022)-73–78с.

9. Джулій, В.М. Модель потоку текстових повідомлень тематичних інтернет-ресурсів системи прогнозування інформаційної безпеки/ В.М. Джулій, Ю.В. Хмельницький, Н.С. Петляк, О.В. Пахар– Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2022. № 5. С. 294-300с.

10. Джулій, В.М., Кльоц Ю.П., Муляр І.В., Жилевич М.Л., Джулій А.В. Контроль додатків інтернет-трафіка комп'ютерних мереж методами машинного навчання. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2021. № 5. С. 22-26.

11. 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.

12. Лавров, Є. А. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров, Л. П. Перхун, В. В. Шендрик – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.

13. Гончар С. Ф. Оцінювання ризиків кібербезпеки інформаційних систем об'єктів критичної інфраструктури : монографія. / С. Ф. Гончар. – Київ, 2019. – 175 с.

14. 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.

REFERENCES:

1. Lenkov, S.V. (2020), Model bezpeky poshyrennia zaboronenoi 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 natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – №68. – pp. 53-64.

2. Dzhulii, V.M. (2022.), Model potoku tekstovykh povidomlen tematychnykh internet-resursiv systemy prohnozuvannia informatsiinoi bezpeky / V. Dzhulii, N. Petliak, Yu. Khmelnytskyi, O. Pakhar // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2022. – № 5. – pp. 294-300.

3. Lienkov, S., Podlipaiev, V., Tolok, I., Lisitsky I., .Lytvynenko, N., Kuznichenko, S. The Information and Analytical Using of Non-Structured Information Resources CEUR Workshop Proceedingsthis link is disabled, 2021, 3126, стр. 81–87.

4. Cotsialni merezhi – realni zahrozy virtualnoho svitu. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : http://ogo.ua/ articles/view/011– 02–23/26490.htm

5. Lenkov, S.V. (2008), Metodyy sredstva zashchyты ynformatsyy. V 2-kh tomakh / S.V. Lenkov, D.A. Perehudov, V.A. Khoroshko –K: Aryi–464s.

6. Ostapov, S. E. (2016) Tekhnolohii zakhystu informatsii: navchalnyi posibnyk / S.E. Ostapov, S.P. Yevseiev, O.H. Korol–Kharkiv : Vyd-vo KhNEU. – 476 s.

7. Lenkov, S.V. (2017), AnalIz Isnuyuchih metodiv ta algoritmiv viyavlennya atak v bezdrotovih merezhah peredachI danih / S.V. Lenkov, V.M. Dzhuliy, N.M. Bernaz, S.O. Bozhuk // Zbirnik naukovih prats Viyskovogo Institutu Kiyivskogo natsionalnogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – Vip. No 56. – p.124-132

8. Dzhulii, V.M. Informatsiino-oznakova model shkidlyvoi informatsii v sotsialnykh merezhakh/ I.V. Muliar, V.M. Dzhulii, V. M. Pichura, O.O Zatsepina – Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh № 3 (2022)-73–78s.

9. Dzhulii, V.M. Model potoku tekstovykh povidomlen tematychnykh internet-resursiv systemy prohnozuvannia informatsiinoi bezpeky/ V.M. Dzhulii, Yu.V. Khmelnytskyi, N.S. Petliak, O.V. Pakhar– Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2022. № 5. S. 294-300s.

10. Dzhulii V.M., Klots Yu.P., Muliar I.V., Zhylevych M.L., Dzhulii A.V. (2021), Kontrol dodatkiv internet-trafika kompiuternykh merezh metodamy mashynnoho navchannia. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – Khmelnytskyi. – №5. – pp. 22–26.

11. Dzhulii, V.M. (2022), Metod klasyfikatsii dodatkiv 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 natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU. – Vyp. №74. – pp. 73-82.

12. Lavrov, Ye. A. (2017.), Matematychni metody doslidzhennia operatsii : pidruchnyk / Ye. A. Lavrov, L. P. Perkhun, V. V. Shendryk – Sumy : Sumskyi derzhavnyi universytet, – 212 p

13. Гончар С. Ф. Оцінювання ризиків кібербезпеки інформаційних систем об'єктів критичної інфраструктури : монографія. / С. Ф. Гончар. – Київ, 2019. – 175 с.

14. 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.

D.Sci. of Techn., prof. **Lienkov S.V.,** Ph.D. **Dzhuliy V.M.,** Ph.D. **Bernaz A.M.,** PhD. **Muliar' I.V.,** PhD **Pampukha I.V.**

METHOD OF FORECASTING INFORMATION SECURITY VULNERABILITIES BASED ON DATA ANALYSIS OF THEMATIC INTERNET RESOURCES

In the paper, a study of the task of predicting information security vulnerabilities is carried out based on the analysis of the data of thematic Internet resources. Against the backdrop of the rapid development of information technology, there has been an increase in the activity of a variety of computer attacks carried out and planned using modern latest technologies. Harmful information has become an obvious problem in the information security of society today, it should also be noted that criminal and terrorist groups are increasingly adopting means of information influence, developing and writing strategies aimed at attracting new adherents and expanding the sphere of influence through social networks. The analysis of the conducted research of the current state in the field of information security shows that the pace of development of information and computer technologies is significantly ahead of the process of creating software and hardware in the field of information security. The priority in this situation is the task of analysis, classification, identification of active mechanisms and means of attacks and threats to the information security of the system, which can lead to unauthorized access to confidential data, disruption of the functioning of the information system, determination of countermeasures against attacks and threats, assessment of the given damage, development of the legal framework, protection mechanisms and information security criteria of the countermeasure system. Today, there is no single approach to solving the problem of security of information and search systems, in relation to subject areas: developers of hardware and software protection of information offer appropriate components for solving specific problems; ensuring reliable protection of information resources requires the implementation of appropriate technical and organizational measures in a complex, accompanied by the development of appropriate documentation. Most of the modern software and hardware systems for detecting computer threats and attacks work using the approaches of signature analysis and fixing of Internet network anomalies. These approaches have disadvantages associated with the use of powerful computing resources for their implementation, and have low efficiency when detecting new computer threats. The method of predicting information security vulnerabilities based on data from Internet resources, based on fuzzy inference, semantic and statistical analysis, is distinguished by the ability to identify vulnerabilities and threats to their implementation, allows you to describe the patterns of the information process of filling thematic resources with new text messages, which affects the quality of forecasting . The algorithm for forecasting vulnerabilities and threats to information security implemented in the information and analytical system, based on the analysis of the data flow of thematic resources, allows automating the information process of detecting new vulnerabilities and threats, provides information security specialists with the opportunity to assess the degree of security of resources in a timely manner and, if necessary, take appropriate measures to neutralize possible threats and vulnerabilities, thereby increasing the information security of computing computer systems against the implementation of new network computer attacks.

Keywords: information security, thematic Internet resources, social networks, sources of messages, vulnerabilities, attacks, information system.

УДК. 629.5.063

д.т.н., проф. **Михайленко В.С.** (НУ “Одеська морська академія”)
к.ф.-м.н., доц. **Коренкова Г.В**. (ОНУ ім. І.І. Мечникова)
Зуй О.М. (ОНУ ім. І.І. Мечникова)

DOI: https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/78-13

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНОГО НЕЙРОУПРАВЛІННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

У статті проводиться аналіз ефективності роботи нейромережевої системи управління, яка реалізує спільно з ПІД-регуляторомпринцип паралельного управління динамічним об'єктом. Як правило, більшість промислових об'єктів характеризуються нелінійними залежностями, наявністю неконтрольованих шумів та збурень, частою зміною режимів роботи обладнання та наявністю суттєвих нелінійностей. Як об'єкт дослідження використовувалася модель підсистеми розрядження водотрубного парового котла. Навчання нейромережевого контролера (НМК) та нейроемулятора проводилося на моделі САУ з ПІД–регулятором за методикою експертного коригування настроювальних коефіцієнтів: пропорційності, сталої інтегрування та диференціювання на основі аналізу показників якості перехідного процесу. Зміна значень параметрів моделі об'єкта по каналах керування та збурення відповідала динамічним режимам роботи парового котла в діапазоні парового навантаження (25 – 110 %) від номінального. Аналіз перехідних процесів отриманих на основі комп'ютерного моделювання дозволяє стверджувати, що навчена нейромережева система управління компенсує збурення на всьому діапазоні зміни значень параметрів об'єкта по каналах управління і збурення (імітація зміни парового навантаження), а також при значеннях параметрів моделі які виходять за діапазон навчальної вибірки.

Таким чином, нейромережевий контролер може успішно виконувати функції адаптивного контуру, налаштованого на найбільш несприятливі збурення в САУ паралельної дії складним виробничим об'єктом. А впровадження нейромережевої системи паралельної дії разом із типовими регуляторами у технологічні процеси теплоенергетики може дозволити знизити аварійні ситуації, пов'язані з частими змінами парового навантаження енергоблоків, викликаних військовими діями в нашій країні.

Ключові слова: динамічний об'єкт, система автоматичного керування; нейромережевий контролер, ПІД–регулятор; адаптація; перехідний процес; парове навантаження.

Вступ. Відомо, що в сучасних системах автоматичного управління (САУ) широко використовуються пропорційно-інтегральні та пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори (ПІ- та ПІД-регулятори). Поширення ПІД-регуляторів стало можливим завдяки простоті їх структури та надійності. В даний час існує велика кількість методів і методик розрахунку оптимальних налаштовувальних параметрів традиційних ПІ- і ПІД-регуляторів в залежності від критеріїв якості САУ, що пред'являються [1-5]. При цьому слід зазначити, що значна частина типових методів пошуку оптимальних настроювальних параметрів (коефіцієнтів) ПІД–регуляторів заснована на використанні лінійних математичних моделей об'єктів керування представлених, як правило, у вигляді передавальних функцій.

Разом з тим, слід зазначити, що більшість промислових систем характеризуються нелінійними залежностями, складними для моделювання динамічними властивостями, наявністю неконтрольованих шумів та перешкод, що створюють труднощі на етапах впровадження, налагодження та експлуатації САУ складних динамічних об'єктів, які характеризуються частою зміною режимів роботи обладнання та наявністю суттєвих нелінійностей. І для прискорення етапів налагодження ПІД–регуляторів на стадії введення в експлуатацію та налаштування регуляторів у процесі тривалої експлуатації САУ складними

об'єктами вітчизняними та зарубіжними вченими було запропоновано методи адаптивного управління [6-10].

Науково-прикладне завдання. Аналіз досліджень області адаптивних САУ показує, що традиційні методи адаптації досить складні бо застосовують додаткові алгоритми параметричної та структурної ідентифікації та, як правило, вимагають проведення активного експерименту не завжди можливого в умовах експлуатації, а процес адаптації часто займає неприйнятно тривалий час [5,7]. Все це, а також труднощі їхньої корекції для обслуговуючого персоналу знижує привабливість їх застосування на складних виробничих об'єктах, що ставить перед розробниками нові завдання з розробки та аналізу адаптивних САУ.

Аналіз публікацій. В останнє десятиліття значно зростає кількість публікацій у галузі інтелектуальних адаптивних САУ. Інтелектуальні САУ на відміну від традиційних здатні до спілкування з операторами зрозумілою їм мовою (нечіткі системи), самонавчання, прогнозу та роботи з динамічними об'єктами (нейромережеві та гібридні САУ). На думку ряду авторів [11-13], інтелектуальні САУ можуть бути широко використані і для адаптації традиційних ПІ- та ПІД-регуляторів. З урахуванням перспективності їх використання виникає актуальне завдання пошуку та аналізу найуспішніших методів розробки та навчання нейромережевихСАУ складних виробничих динамічних об'єктів.

Мета роботи. Визначення основних етапів синтезу нейромережевоїСАУ динамічним об'єктом при впливі внутрішніх та зовнішніх збурень. Аналіз ефективності роботи представленої САУ паралельної дії у процесі імітаційного моделювання.

Основна частина. Паралельна архітектура нейронного управління була розглянута в роботі [14] і показана на рис. 1, де контролер реалізує ПІД – закон. Прикладом реалізації такої схеми нейронного управління є метод навчання на помилках зворотного зв'язку [9]. Нейроконтролер паралельного типу використовується для налаштування вхідного сигналу u_1, який є вихідним сигналом звичайного контролера. Налаштування виконується таким чином, щоб вихідний сигнал об'єкта *y* якомога точніше відповідав заданому опорному сигналу r. Завдання нейроконтролера паралельного типу полягає в тому, щоб підкоригувати керуючий вплив u_2 за допомогою сигналу u_1, якщо вінне забезпечує очікуваного результату, тобто провести адаптацію управляючого сигналу .

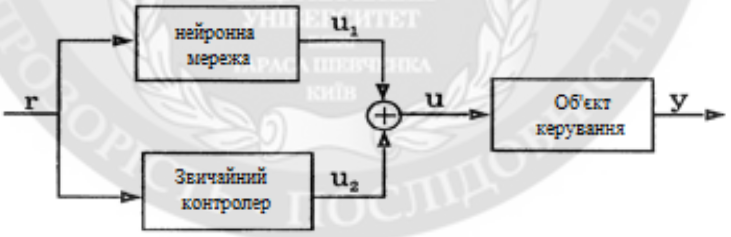


Рисунок 1. Паралельна схема нейроконтролера

Загальна конфігурація керування для нейроконтролера паралельного типу наведено на рис.2. На цій схемі блок NN 1 являє собою нейронну мережу для об'єкта, що виконує оцінку $\hat{y}$вихідної координати об'єкта. Керуючий сигнал u_2, що є вихідним сигналом нейронної мережі NN2 і використовується для корекції керуючого сигналу u_1, створюваного ПІД-контролером, тобто NN2 виконує функції адаптера типової САУ, а NN1 – ідентифікатора значень відхилень від опорного (заданого) сигналу.

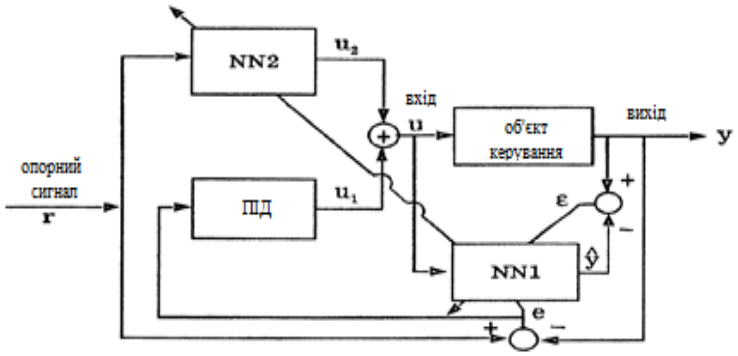


Рисунок 2. Нейроконтролер паралельного типу з ПІД–регулятором

Корекція виконується таким чином, щоб забезпечити мінімізацію неузгодженості між опорним сигналом та виходом об'єкта керування. Таким чином, блок NN1 використовується для емуляції якобіана системи, необхідного для отримання еквівалентної помилки на виході блоку NN2 [14].

Позначимо через e неузгодження (помилку) між опорним сигналом r і фактичним вихідним сигналом об'єкта керування y. Необхідно навчити мережу NN2 таким чином, щоб вона могла мінімізувати середньоквадратичну помилку. Позначимо її через E і визначимо у вигляді:

$$E = \frac{1}{2}(r - y)^2$$

Слід зазначити, що у разі нейроконтролера послідовного типу навчальне правило використовує якобіан об'єкту керування.

$$f'_p(\mathrm{u(t)}) = \frac{\mathrm{dy(t+1)}}{\partial \mathrm{u(t)}}$$

Його можна обчислити приблизно, використовуючи чисельну різницю чи застосовуючи мережу NN2, яка наведена на рис.2.

На підставі наведених вище схем було розробленонейромережеву систему управління паралельного типу та проведено імітаційні експерименти в пакеті MatLab (рис.3) щодо визначення її ефективності, в умовах впливу зовнішніх та внутрішніх збурень. Моделлю об'єкта є передатна функція, яка отримана на основі експерименту при керуванні процесом розрядження в топки парового барабанного водотрубного парового котлу марки ГМ 50, (50 тонн пари на годину) при роботі на номінальному режимі [15]:

$$W_{z-y}(s) = \frac{1.5}{65s+1}e^{-5s}$$

Навчання нейромережевого контролера (НМК) та нейроемулятору (емулятора) проводилося на моделі ПІД–регулятора з ручним коригуванням його параметрів: коефіцієнтів пропорційності, сталої інтегрування та коефіцієнта диференціювання (K_p, T_i, K_d) на основі методики експертного налагодження з аналізу показників якості перехідного процесу [16,17].

Навчання НМК проходило при варіюванні значень передавальних функцій об'єкта каналами регулювання та збурення в наступних діапазонах: $K_{об} \in$ [0,1…1,5]; $T \in$ [7..190]; $\tau_{об} \in$ [0,5…25]; $K_N \in$ [-0,017…-0,087]; $T_N \in$ [5…55]; $\tau_N \in$ [1..35]. Зміна значень коефіцієнта посилення K, сталої часу T і запізнення τ по каналамкерування та збурення (N) відповідало динамічним

режимам роботи парового котла в діапазоні парового навантаження (25 – 110 %) від номінального.

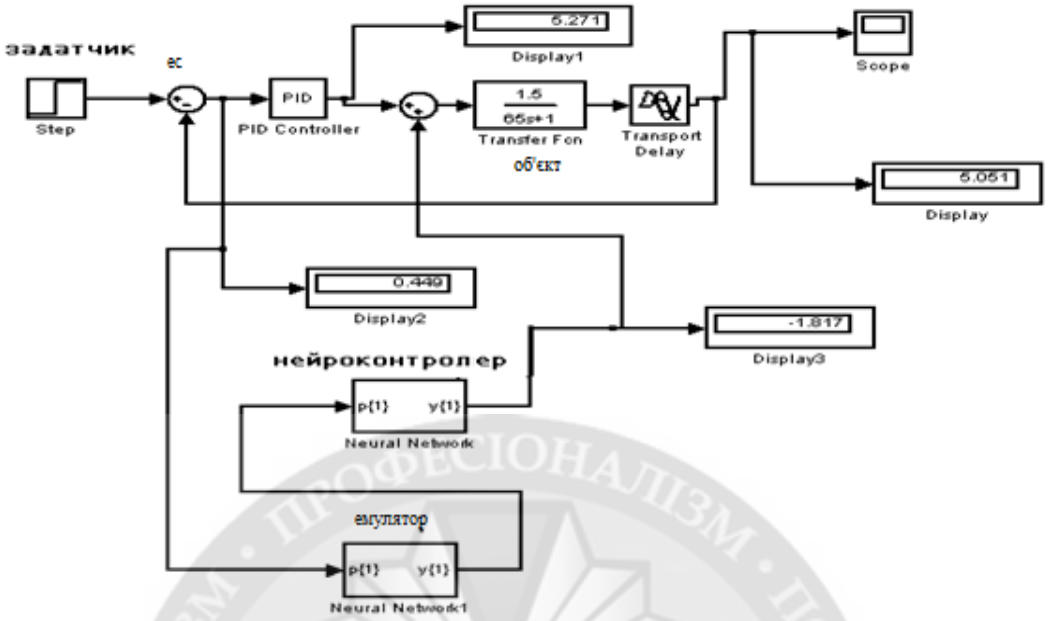


Рисунок 3. Схема нейромережевого управління (НМК) з емулятором та ПІД-регулятором

Перехідний процес на виході об'єкта управління показано на рис. 4

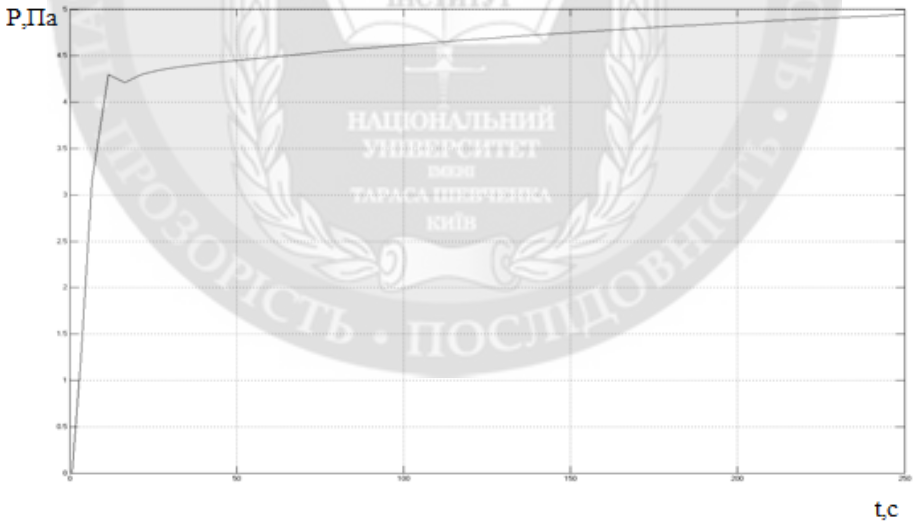


Рисунок 4. Перехідний процес паралельної системи управління по каналу завдання

Час регулювання $T_р$ = 200 с, процес аперіодичний (див. рис. 4) і відповідає вимогам технологічних процесів парового котла [15]. Дослідження показали, що при зменшенні T<35с, та виникненні автоколивань (імітація процесу збільшення теплового навантаження), НМК відключається і в контурі залишається тільки ПІД–регулятор (рис. 5), який успішно компенсує параметричні збурення (рис.6) на відміну від НМК послідовного типу працюючого без ПІД–регулятора.

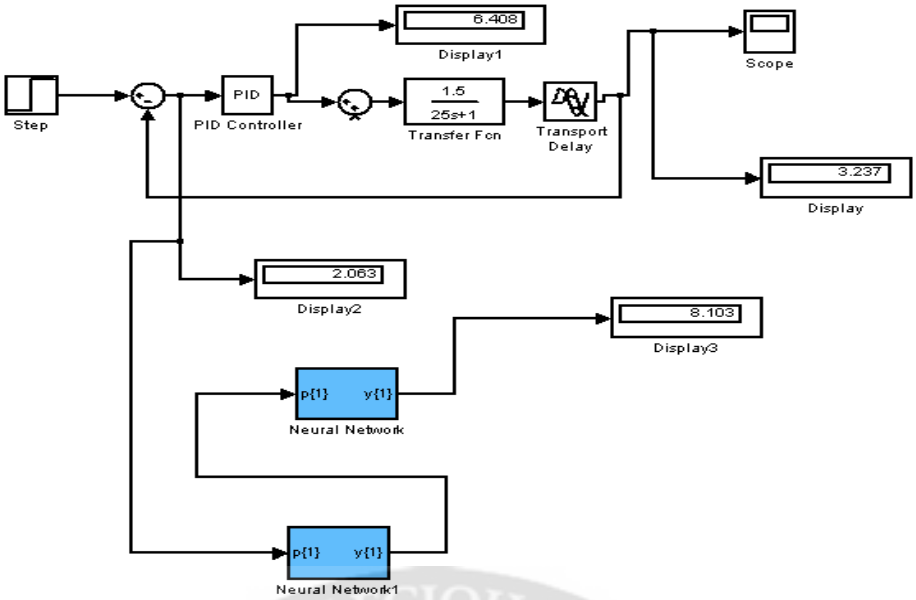


Рисунок 5.САУ з ПІД – регулятором при дії внутрішнього збурення

Перехідний процес ПІД – регулятора показано на рис. 6.

Рисунок 6. Перехідний процес ПІД - регулятора з об'єктом по каналу завдання

Аперіодичний процес з часом регулювання $T_р$ = 150 с. Таким чином, ПІД – регулятор успішно компенсує недоліки НМК. Також НМК ефективний у випадках значних знижень параметрів об'єкта (швидка зміна теплового навантаження та зменшення інерційності).

На думку авторів в якості навчальної вибірки НМ також можуть бути використані значення параметрів показників якості процесу регулювання, наприклад, перерегулювання або інтегральний критерій. Додаткові критерії можуть дозволити оптимізувати перехідні процеси.

Також у процесі моделювання було встановлено, що НМК паралельного типу з ПІД - регулятором зі збільшенням значень навчальної вибірки нейронних мереж може керувати об'єктами другого порядку чи об'єктами без самовирівнювання, і навіть успішно компенсувати вплив зовнішніх обурень.

Так, у процесі імітаційного моделювання НМК була додана у схему друга інерційна ланка (структурна невизначеність) та канал зовнішнього збурення (у вигляді інерційної ланки) рис. 7.

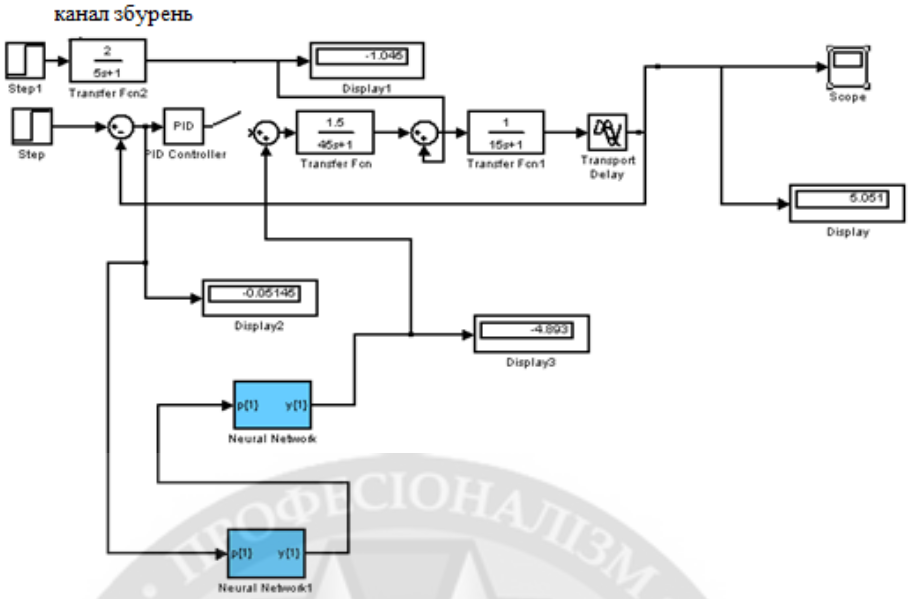


Рисунок 7. Комп'ютерна модель НМК з ПІД-регулятором та об'єктом другого порядку із запізненням та каналом зовнішнього збурення

Провівши комп'ютерний експеримент з варіювання значень параметрів об'єкта випадковим чином каналами завдання та збурення (сигнальні, параметричні та зовнішні збурення), які імітують різке скидання та набір парового навантаження котла, отримали наступну вибірку для навчання нейронних мереж (табл. 1)

Таблиця 1

Навчальна вибірка для НМК

Параметри об'єкту T_1, T_2, T_N(с); $K_{об}$ (Па/ % ходу регулюючого органу), K_N(тон пари/% ходу)	T_1= 45 T_2= 15 $K_{об}$=1.5	T_1= 65 T_2= 25 $K_{об}$ = 1	T_1= 95 T_2= 45 $K_{об}$ =2.5	T_1= 25 T_2= 5 $K_{об}$=0.5	T_1= 5 T_2= 2 $K_{об}$ = 3	T_1= 5 T_2= 2 $K_{об}$=3.5	T_N =15 K_N =3	T_N = 5 K_N =2
Помилка (e)	-0.0083	-0.0022	-0.28	-0.018	-0.0014	0.0039	0.0038	0.0017
Керування (u)	-4.93	-4.94	-3.77	-6.24	-4.93	-2.087	-2.11	-3.83

Початкові параметри ПІД – регулятора склали: K_p = 3.2; T_i = 0.05; K_d = 39.Надалі для отримання очікуваних перехідних процесів (з мінімально можливим часом регулювання, помилкою та закиданням) було проведено адаптацію з використанням методу синусоїдальних коливань [7] з ручним експертним коригуванням.

Приклад аперіодичного перехідного процесу НМК з T_p = 40с при випадкових значеннях параметрів об'єкта по каналах керування і збурення представлений на рис. 8.

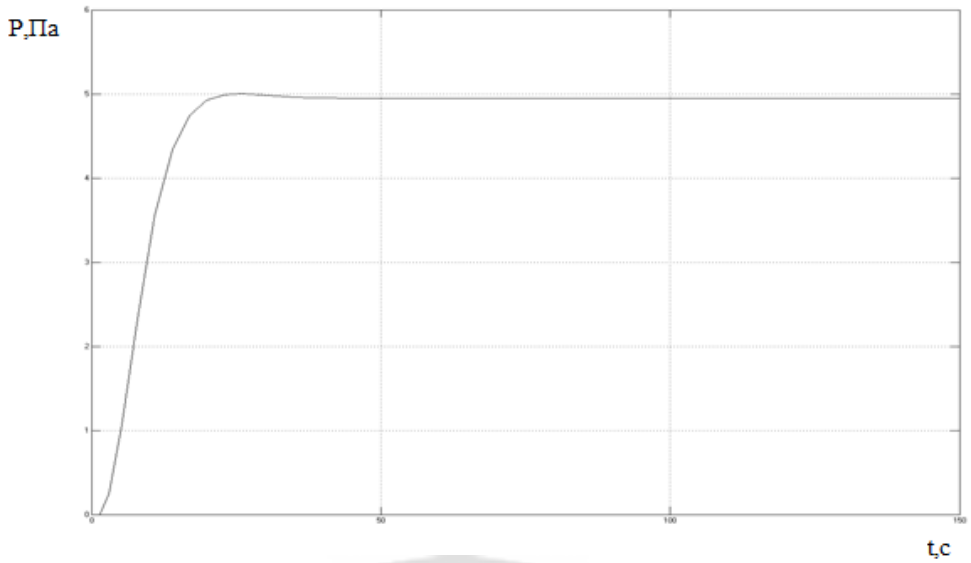


Рисунок 8. Перехідний процес за каналом завдання з об'єктом при дії каналу зовнішнього збурення

Висновки. Аналіз перехідних процесів, отриманих за комп'ютерними експериментами, дозволяє стверджувати, що навчена НМК компенсує збурення на всьому діапазоні зміни значень параметрів об'єкта (імітація зміни парового навантаження), а також при значеннях передавальних функцій по каналах керування та збурення, які виходять за діапазон вибірки (див. табл.1., до 15%), що вказує на успішні апроксимуючі властивості НМК. На думку авторів, НМК може успішно виконувати функції адаптивного контролера налаштованого на найбільш несприятливі збурення в локальній структурі САУ паралельної дії складним виробничим об'єктом схильним до частих впливів зовнішніх і внутрішніх збурень. Впровадження НМК у технологічні процеси теплоенергетики може дозволити знизити аварійні ситуації, пов'язані з частими змінами парового навантаження енергоблоків, викликаних військовими діями в нашій країні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ziegler, J.C., Nichols,N.B.Optimum settings for automatic controllers / ASME. Transactions. 1942. Vol. 64(8). P. 101 – 108.

2. Денисенко, В.В. Різновиди ПІД-регуляторів / Автоматизація в промисловості. 2007. №6. С. 45 – 50.

3. Інженерні методи розрахунку автоматичних регуляторів / Копелович, А.П., М.: ГНТИ, 1960. 190 с.

4. Arya,Y.AGCofrestructuredmulti-areamulti-sourcehydrothermalpowersystemsincorporatingenergystorageunitsviaoptimalfractional-orderfuzzy PID controller / NeuralComputingandApplications. 2019. № 31 (3). P. 851 – 872.

5. Astrom, Karl J., Hagglund, Tore. (2006) Advanced PID Control. ISA -TheInstrumentation, SystemsandAutomationSociety.

6. Astrom, K.J, Wittenmark, B.F.,AdaptiveControl / Ed. Addison-WesleyPublishing. 1989.Vol. 10. P. 355 – 359.

7. Mikhailenko, V.S.Analysis ofmethodsforadaptationofindustrialcontrolsystemsofthermalprocesses / Науковий вісник Національного гірничого університету. 2014. № 4. С. 58 – 65. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2014_4_11.

8. Abe, N. Smithpredictorcontrolandinternalmodelcontrol / A tutorial SICE 2003 AnnualConference. Vol. 2. 2003. P. 1383 – 1387.

9. Ho, H.F. Adaptive PID controllerfornonlinearsystemwithtrackingperformance / PhysicsandControl. 2013.

10. Mikhailenko,V.S.,Kharchenko, R.Yu. Analysis of Traditional and Neuro Fuzzy Adaptive System of Controlling the Primary Steam Temperature in the Direct Flow Steam Generators in Thermal Power Stations / Automatic Control and Computer Sciences.2014. Vol. 48, №. 6. P. 334 – 344.

11. Ho, S.J.,Shu,L.S., Ho, S.Y.Optimizingfuzzyneuralnetworksfortuning PID controllersusinganorthogonalsimulatedannealingalgorithm OSA / IEEE TransactionsonFuzzySystems.Vol. 14. Issue 3. 2016. P. 421 –434.

12. Yang, P., Peng,D.G., Yang,Y.H., Wang, Z.P. Neuralnetworksinternalmodelcontrolforwaterlevelofboilerdruminpowerstation / Proceedingsof 2017 InternationalConferenceonMachineLearningandCybernetics.Vol. 5. 2017. P. 3300 – 3303.

13. Zhang, Y.,Chen,Z.Q., Yang,P., Yuan,Z.Z.Neuralnetwork-based PID predictivecontrolfornonlineartime-delaysystems / ProceedingsofInternationalConferenceonMachineLearningandCybernetics.Vol. 2. 2017. P. 1014 – 1018.

14. Yongquan, Y.A.,Ying, H., Bi,Z.PID neuralnetworkcontroller / ProceedingsoftheInternationalJointConferenceonNeuralNetworks.Vol. 3. 2017. P. 1933 – 1938.

15. Налагодження систем автоматичного регулювання парових котлоагрегатів / А.С. Клюев, А. Г. Товарнов. М.: Енергия, 1970.– 270 с.

16. Ross,T.J. FuzzyLogicwithEngineeringApplications,Hoboken, NJ: Wiley. 2016. 580 p.

17. Yang,T.,Chua, L.O. Fuzzycellularneuralnetworks / A survey, JournalofSignalProcessing. Vol. 4, no. 1. 2016. P. 7 – 20.

REFERENCES:

1. Ziegler, J.C. and Nichols, N.B. (1942), "Optimumsettingsforautomaticcontrollers",*ASME. Transactions,*Vol. 64. № 8. pp. 101 – 108.

2. Denisenko, V.V. (2007), "RaznovidnostiPIDregulyatorov" [Varietiesof PID controllers],*Avtomatizatsiya v promyshlennosti,* №6,pp. 45 – 50.

3. Kopelovich, A.P.(1960),"*Inzhenernyyemetodyraschetaavtomaticheskikhregulyatorov*" [Engineeringmethodsforcalculatingautomaticregulators],GNTI, Moskva, 190 p.

4. Arya, Y. (2019), "AGC ofrestructuredmulti-areamulti-sourcehydrothermalpowersystemsincorporatingenergystorageunitsviaoptimalfractional-orderfuzzy PID controller",*NeuralComputingandApplications,* № 31 (3). pp. 851 – 872.

5. Astrom, Karl J. andHagglund, Tore. (2006),*Advanced PID Control*. ISA - The Instrumentation, Systems and Automation Society.

6. Astrom K.J andWittenmark B.F. (1989), "AdaptiveControl",*Ed. Addison-WesleyPublishing*,Vol. 10, pp. 355 – 359.

7. Mikhailenko, V.S.(2014), "Analysisofmethodsforadaptationofindustrialcontrolsystemsofthermalprocesses", *NaukovyyvisnykNatsional'nohohirnychohouniversytetu*, № 4. Pp. 58 – 65. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2014_4_11.

8. Abe, N. And Yamanaka, K. (2003),"Smithpredictorcontrolandinternalmodelcontrol" A tutorial SICE 2003 AnnualConference,Vol. 2, pp. 1383 – 1387.

9. Ho, H.F.,Wong, Y.K. and A. B. Rad (2013),"Adaptive PID controllerfornonlinearsystemwithtrackingperformance", *PhysicsandControl*.

10. Mikhailenko, V.S. and Kharchenko,R.Yu. (2014)"AnalysisofTraditionalandNeuroFuzzyAdaptiveSystemofControllingthePrimarySteamTemperatureintheDirectFlowSteamGeneratorsinThermalPowerStations",*AutomaticControlandComputerSciences*,Vol. 48, №. 6,pp. 334 – 344.

11. Ho, S. J.,Shu, L.S. andHo, S.Y. (2016), "Optimizingfuzzyneuralnetworksfortuning PID controllersusinganorthogonalsimulatedannealingalgorithm OSA", IEEE TransactionsonFuzzySystems, Vol. 14, Issue 3, pp. 421 –434.

12. Yang, P.,Peng, D. G., Yang, Y.H. and Wang, Z.P. (2017) "Neuralnetworksinternalmodelcontrolforwaterlevelofboilerdruminpowerstation",Proceedingsof 2017 InternationalConferenceonMachineLearningandCybernetics, Vol. 5, pp. 3300 – 3303.

13. Zhang, Y., Chen, Z.Q., Yang, P. and Yuan, Z.Z. (2017),"Neuralnetwork-based PID predictivecontrolfornonlineartime-

delaysystems",ProceedingsofInternationalConferenceonMachineLearningandCybernetics, Vol. 2, pp. 1014 – 1018.

14. Yongquan, Y.A.,Ying, H. and Bi, Z. (2017), "PID neuralnetworkcontroller",ProceedingsoftheInternationalJointConferenceonNeuralNetworks, Vol. 3, pp. 1933 – 1938.

15. Klyuev, A.S.andTovarnov, A.G. (1970),*"Naladka system avtomaticheskogoregulirovaniyaparovykhkotloagregatov" [Adjustmentofautomaticcontrolsystemsforsteamboilers]*, Energiya, Moskow, 270 p.

16. Ross, T.J. and Chua, L.O. (2016), "FuzzyLogicwithEngineeringApplications,Hoboken", *NJ: Wiley*, 580 p.

17. Yang, T. (2016), "Fuzzycellularneuralnetworks", *A survey, JournalofSignalProcessing*, Vol. 4, no. 1, pp. 7 – 20.

D.Sci. Tech. prof. **MykhaylenkoV.,** PhD **Korenkova H., Zui O.**

ANALYSIS OF THE SYSTEM OF PARALLEL NEURO CONTROL OF DYNAMIC OBJECTS

The article analyzes the effectiveness of the neural network control system, which together with the PIDcontroller implements the principle of parallel control of a dynamic object. As a rule, most industrialfacilities are characterized by non-linear dependencies, the presence of uncontrolled noise anddisturbances, frequent changes in equipment operating modes, and the presence of significant non-linearities. The model of the blowing subsystem of a water-tube steam boiler was used as an object ofresearch. The training of the neural network controller (NMC) and neuroemulator (emulator) was carriedout on the ACS model with a PID controller using the method of expert adjustment of tuning coefficients:proportionality, constant integration and differentiation based on the analysis of the quality indicators ofthe transition process. The change in the values of the object model parameters along the control anddisturbance channels corresponded to the dynamic modes of operation of the steam boiler in the range ofsteam load (25-110%) from the nominal one. The analysis of transient processes obtained on the basis ofcomputer modeling allows us to assert that the trained neural network control system compensates fordisturbances over the entire range of changes in the values of the object parameters along the control anddisturbance channels (simulation of changes in the steam load), as well as when the parameter values ofthe models go beyond the range study sample.

Thus, the neural network controller can successfully perform the functions of an adaptive circuit tuned tothe most unfavorable disturbances in the ACS of parallel action by a complex production facility. And theimplementation of a neural network system of parallel action together with typical regulators in thetechnological processes of heat energy can reduce emergency situations associated with frequent changesin the steam load of power units caused by military actions in our country.

Keywords: dynamic object, automatic control system (ACS), neural network controller, Proportional-integral-differential (PID) controller, adaptation; transitional process, steam load.

Дані про авторів

Агеєв Олексій Віталійович, ад'юнкт науково-організаційного відділу, Національна академія Сухопутних Військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів. ORCID: 0009-0007-9559-7936.

Бабій Юлія Олександрівна, доктор технічних наук, головний редактор редакційного відділення видавництва Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, ORCID: 0000-0001-7310-8715, Scopus ID 55496019900.

Бабіч Оксана Миколаївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу комунікаційно-контентної безпеки та воєнно-країнознавчого аналізу Лінгвістичного науково-дослідного управління, Науково-дослідний центр ВІКНУ.

Берназ Андрій Михайлович, кандидат технічних наук, начальник організаційно-планового відділу - заступник начальника управлінні сил підтримки Командування сухопутних військ ЗСУ, ORCID: 0000-0003-3221-2860.

Біньковський Олександр Анатолійович, кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри прикордонної безпеки факультету підготовки керівних кадрів Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, ORCID - 0000-0002-3581-3963.

Бобок Іван Ігорович, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерізованих систем та програмних технологій; Національний університет «Одеська політехніка»; ORCID: 0000-0003-4548-0709.

Боровик Олег Васильович, доктор технічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, заступник начальника відділу організації освітньої та наукової діяльності управління професійної підготовки Департаменту персоналу Адміністрації Державної прикордонної служби України, ORCID - 0000-0003-3691-662X, Scopus ID 6506773741.

Боряк Костянтин Федорович, доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедри метрології, якості та стандартизації Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку м.Одеса, ORCID:0000-0003-4226-0102, Scopus ID 57221589933.

Гаращенко Федір Георгійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерізованих систем та програмних технологій; Національний університет «Одеська політехніка», ORCID: 0000-0002-3016-014X, Scopus ID 7003553028.

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.

Грінченко Віталій, старший викладач кафедри прикордонної служби, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, ORCID:0000-0002-2158-4389.

Гунченко Юрій Олександрович, доктор технічих наук, професор, завідувач кафедри компютерних систем та технологій, Одеський національний університет ім.І.І. Мечникова, , ORCID: 0000-0003-4423-8267, Scopus ID 57193069126.

Демчишин Віталій, старший викладач кафедри прикордонної служби, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, ORCID: 0000-0002-3832-6036.

Джулій Володимир Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та комп`ютерних систем і мереж Хмельницького національного університету, ORCID: 0000-0003-1878-4301.

Жиров Генадій Борисович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри радіотехніки та радіоелектронних факультету радіофізики, електроніки та

компютерних систем систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0001-7648-7992, Scopus ID 57193847167.

Зуй Оксана Миколаївна, викладач Одеський національний університет імені І.І. Мечникова вул. Дворянська, 2, м. Одеса, ORCID: 0000-0001-9520-4441.

Камєнєва Алла Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, ORCID:0000-0002-9970-9081.

Камєнєв Кирило Ігорович, аспірант Національний університет «Одеська морська академія», ORCID: 0000-0002-9200-9496.

Карасьов Дмитро, старший викладач кафедри прикордонної служби, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, ORCID: 0000-0003-1479-9186.

Кобозєва Алла Анатоліївна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення; Національний університет «Одеська політехніка» (м.Одеса, Україна); ORCID: 0000-0001-7888-0499. Scopus ID 24325872900.

Коваль Мирослав Олександрович, доктор філософських наук з інформаційної технології, науковий співробітник науково-дослідного віддвлу військово-технічних та інформаційних досліджень науково-дослідного центру Військово інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка ORCID: 0000-0002-8374-7390.

Колодка Юлія Олександрівна, молодший науковий співробітник науково-дослідного відділу комунікаційно-контентної безпеки та воєнно-країнознавчого аналізу Лінгвістичного науково-дослідного управління, Науково-дослідний центр ВІКНУ.

Корольов Володимир Миколайович, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру сухопутних військ, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, ORCID 0000-0001-8421-584X.

Коренкова Ганна Валентинівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, ORCID:0000-0001-7207-3688.

Кравченко Олександр Іванович, кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник науково-дослідноговідділу науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-7865-5870.

Кривцун Володимир Іванович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник кафедри інженерної техніки Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, ORCID: 0000-0002-3907-5320.

Лєнков 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, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0001-7689-239X, Scopus ID 58061035100.

Левадний Ігор Анатолійович, директор Департаменту персоналу Адміністрації Державної прикордонної служби України, ORCID - 0000-0002-8583-0489.

Маєвський Дмитро Андрійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електромеханічної інженерії; Національний університет «Одеська політехніка» (м.Одеса, Україна); ORCID: 0000-0003-0666-6199.

Маміч Віктор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки Військової академії, ORCID: 0000-0001-5574-0901.

Максименко Юрій Анатолійович, кандидат технічних наук, начальник кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки Військової академії (м. Одеса), ORCID: 0000-0002-1227-2009.

Мірошніченко Олег Вікторович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного управління науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка. ORCID: 0000-0002-3969-9758.

Михайленко Владислав Сергійович, доктор технічних наук, професор Одеський Національний університет, ORCID:0000-0002-1401-0053.

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

Назаренко Олександр Аскольдович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, ректор Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку. ORCID:0000-0002-0187-0791.

Охрамович Михайло Миколайович, кандидат технічних наук, старший дослідник, начальник відділу-заступник накальника управління Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-8776-3937.

Пампуха Ігор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Заслужений винахідник України, начальник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-4807-3984. Scopus ID 57195922711.

Попов Сергій Афанасійович, доктор наук з державного управління, професор, професор кафедри, організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки Військової академії, ORCID: 0000-0002-0729-9581.

Положаєнко Сергій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерізованих систем та програмних технологій; Національний університет «Одеська політехніка», ORCID: 0000-0002-4082-8270, Scopus ID 57203144048.

Прокофьєва Людмила Леонідівна, старший викладач кафедри комп'ютерізованих систем та програмних технологій; Національний університет «Одеська політехніка», ORCID: 0000-0002-4045-2402.

Сєлюков Олександр Васильович, доктор технічних наук, професор, старший науковий співробітник, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, професор кафедри Київський національний університет будівництва та архітектури, ORCID: 0000-0001-7979-3434, Scopus ID 57205509194.

Солодєєва Людмила Василівна, науковий співробітник, науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-0002-7979-8443.

Синишин Михайло, викладач кафедри прикордонної служби, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, ORCID 0000-0001-5644-7504.

Фігура Олег Володимирович, кандидат педагогічних наук, доцент, начальник управління професійної підготовки Департаменту персоналу Адміністрації Державної прикордонної служби України, ORCID - 0000-0002-2802-0877.

Шаршаткін Данило Юрійович, старший викладач кафедри організації розвідувально-інформаційної роботи та технічних засобів розвідки, Військова академія (м. Одеса), ORCID - 0000-0002-3362-2469.

Шевченко Анатолій Михайлович, начальник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0003-2723-0378.

Шевченко Валерій Віталійович, заступник начальника науково-дослідного відділу військово-технічних та інформаційних досліджень Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Алфавітний покажчик

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 (зміни відмічені зеленим кольором).

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 - рекомедується **не менше 12 повних аркушів** українською або англійською мовами.

Формат аркуша - **А4 (210 х 297 мм)**.

Розмір полів: верхнє, нижнє, праве, ліве - **2 см.**

Шрифт тексту - **Times New Roman №12,** через міжрядковий інтервал - **1,0.**

Абзац має становити **10 мм.**

Стаття повинна мати такі необхідні елементи:

***УДК*;**

назва статті, яка лаконічно відображає зміст та новизну статті;

анотація та ключові слова;

вступ та постановка задачі чи проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;

аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано **розв'язання даної проблеми** і на які спирається автор, визначення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, формулювання мети статті;

виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів, практичних рішень та експериментів;

висновки з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку.

список літератури,

References,

дані про авторів двома мовами.

Анотація до статті виконується українською та англійською мовами загальний обсяг кожної не менш ніж **1800** знаків, включаючи ключові слова.

Вона повинна містити коротке повторення структури статті, що включає вступ, цілі і завдання, методи, результати, висновки.

Анотацію друкують курсивом, шрифт Times New Roman, №11. Після анотації розміщуються **ключові слова** (5–7 термінів).

Список літератури (References) повинен включати не менш 12 джерел, з яких 50 % видані за останні 10 років. При цьому не менш 25 % джерел повинно відноситися до іноземної періодики. Самоцитування авторів у списку літератури повинно бути, як правило, не більш за 25 %.

Якщо основною мовою статті є українська, то оформлюються два списки літератури:

перший (список літератури мовою оригіналу джерела) – згідно наказу МОН від 12.01.2017 № 40 та відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»;

другий (REFERENCES) з урахуванням ДСТУ 8302:2015, наказу МОН від 12.01.2017 № 40 та міжнародного Гарвардського стилю BSI (British Standards Institution).

На адресу редколегії (03680. м. Київ, вул Ломоносова 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

Відомовсті 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. Півцов, А.М. Гордієнко, С.В. Залкін, С.О. Сідченко, А.О. Феклістов, К.І. Хударковський. Х. : Вид. Рожко С.Г., 2017. 276 с.

Книга (Harvard style BSI)

Pievtsov, H.V., Hordiienko, A.M., Zalkin, S.V., Sidchenko, S.O., Feklistov, A.O. and Khudarkovskyi, K.I. (2017), ”Informatsiino-psykholohichna borotba u voiennii sferi: monohrafiia” [The information and psychological struggle in the military sphere], Rozhko S.H., Kharkiv, 276 p.

Стаття із періодичного видання (ДСТУ 8302:2015)

Карпенко, Д.В. Стан та перспективи розвитку зенітного ракетного озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2017. № 2(27). С. 75–78.

Стаття із періодичного видання (Harvard style BSI)

Karpenko, D.V. (2017),”Stan ta perspektyvy rozvytku zenitnoho raketnoho ozbroiennia Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy” [The state and perspectives of the development of anti-aircraft missile armaments in the Air Force of Ukraine], Science and Technology of the Air Force of Ukraine, No. 2(27), pp. 75–78.

Дисертація (ДСТУ 8302:2015)

Белозеров, И.В. Религиозная политика: дис. … канд. ист. наук: 07.00.02; защищена 22.01.02; утв. 15.07.02 / Белозеров Иван Валентинович. К., 2002. 215 с.

Дисертація (Harvard style BSI)

Belozerov, I.V. (2002),”Relyhyoznaia polytyka: dissertation” [The religious policy: dissertation], Kiev, 215 p.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (ДСТУ 8302:2015)

Романов В. К вопросу о путях достижения национальной безопасности в условиях глобализации: проблемы теории и практики в контексте внешней политики России и Польши [Електронний ресурс] Безопасность и оборона, 2016. № 1(2), С. 7–15. Режим доступу до журн.: http://www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (Harvard style BSI)

Romanov, V. (2016), ”K voprosu o putyakh dostizheniya natsionalnoy bezopasnosti v usloviyakh globalizatsii: problemy teorii i praktiki v kontekste vneshney politiki Rossii i Polshi” [To the question about the ways to achieve national security in the context of globalization: the problems of theory and practice in the context of the foreign policy of Russia and Poland], Security and Defence Journal, No. 1(2), pp. 7–15, www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf (accessed 12 July 2017). (примітка: при наведенні URL "http: //" має бути виключено).

Більш детальну інформацію щодо оформлення бібліографічних посилань за стилем Harvard British Standards Institution можна знайти на сайті ***Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського*** та онлайн генератора посилань ***Cite This For Me***.

Редакційна колегія: e-mail: lenkov_s@ukr.net

Шрифт

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У «ЗБІРНИКУ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ВІКНУ»

УДК

науковий ступінь, вчене звання
ініціали та прізвище автора (співавторів)
Місце роботи автора (співавторів)

12 пт

УДК 32.973.202:07.681

д.т.н., проф. **Степанов С.В.** (ВІКНУ)
к.т.н., с.н.с. **Українець О.В.** (ВІКНУ)
к.т.н. **Саленко В.Д.** (ВІКНУ)

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 природніми 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 пропонованого 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**). Рисунки повинні бути виконані за допомогою редактора **Word,** згруповані і являти собою один графічний об'єкт. Формули та позначення по тексту обов'язково набирати за допомогою **Equation Editor** - редактора формул **Word**, а не у текстовому режимі. У редакторі формул мають бути встановлені такі параметри - розміри: загальний – **12 pt**. великі індекси – **10 pt** , малі індекси – **7 pt**, великі символи – **14 pt**. малі символи – **10 pt**: стиль: текст, функції, змінні, матриці-вектори, числа – шрифт **Times New Roman**, для решти стилів – шрифт **Symbol**, при цьому: строк. грецькі – прямі. Великі за розміром вирази та рівняння необхідно записувати у кілька рядків.

ЛІТЕРАТУРА

Перший (список літератури на мові оригіналу джерела) – згідно 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. Лєнков С.В., Толок І.В., Цицарєв В.М., Лєнков Є.С. Моделювання процесів витрачання та поповнення ресурсу угрупування технічних об'єктів. *Системи озброєння і військова техніка*. Харків. 2018. Вип. 1(53). С. 155 – 162.

2. Жиров Г.Б., Лєнков Є.С., Цицарєв В.М., Проценко Я.М. Моделювання процесу відмов об'єктів, що відновлюються з ієрархічною конструктивною структурою. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка.* Київ. 2017. Вип. 55. С. 30-39.

REFERENCES:

ЗРАЗОК

11 пт

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'jektiv, shho vidnovljujut'sja z ijerarhichnoju konstruktyvnoju strukturoju" [Simulation of the process of failure of objects that are restored with a hierarchical constructive structure], Zbirnyk naukovyh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka, No. 55, pp. 30-39.

Prof. Stepanov S.V., Ph.D. Ukrainets O.V., Ph.D. Salenko V.D.

11 пт курсив, жирний

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, ykr@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

№ 78

Усі матеріали надруковані в авторській редакції

Підписано до друку 11.05.23 р.
Авт. друк. арк. 20. Формат 60х90/8

Надруковано у навчальному картографічному комплексі ВІКНУ

03189, Київ, вул. Ломоносова, 81

т. 521-32-89