

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

№ 70

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 – 2021

УДК621.43

ББК 32-26.8-68.49

Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ, 2021. № 70. 124 с.

Голова редакційної колегії:

Лєнков С.В. доктор технічних наук, професор, ВІКНУ;

Члени редакційної колегії:

Анісімов А.В. доктор фізико-математичних наук, професор, член-кор. НАНУ, КНУ;
Барабаш О.В. доктор технічних наук, професор, НТУУ «КПІ»;
Гунченко Ю.О. доктор технічних наук, професор, ОНУ;
Жиров Г.Б. кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, КНУ;
Заславський В.А. доктор технічних наук, професор, КНУ;
Карпінський М.П. доктор технічних наук, професор, Університет у Бельсько-Бялій (Польща)
Лєпїх Я.І. доктор фізико-математичних наук, професор, ОНУ;
Петров О.С. доктор технічних наук, професор, УНТ, Краків (Польща) ;
Погорїлий С.Д. доктор технічних наук, професор, КНУ;
Толок І.В. кандидат педагогічних наук, доцент, ВІКНУ;
Хайрова Н.Ф. доктор технічних наук, професор, НТУ «ХПІ»;
Хлапонін Ю.І. доктор технічних наук, професор, КНУБіА;
Шаронова Н.В. доктор технічних наук, професор, НТУ «ХПІ».

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

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

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

Затверджено на засіданні вченої ради ВІКНУ від 20.05.2021р., протокол № 15.

Відповідальні за макет:
Ряба Л.О., Солодєєва Л.В.

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

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

Видання безкоштовне.

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

Видання індексується Google Scholar.

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

Наклад 300 прим.

Ел.адреса редактора: lenkov_s@ukr.net

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

ЗМІСТ

ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Banzak O.V., Sieliykov A.V., Dobrovolskaya S.V., Konovalenko O.I. Model of physical processes in primary and secondary converters of the detector.....	5
Tolok I.V., Banzak G.V., Lenkov E.S., Bondarenko T.V. Influence of coefficient variation on the value optimal level of maintenance.....	16
Боровик О.В., Боровик Д.О. Особливості встановлення величини метрики, що застосовується для ідентифікації подібності маршрутів суден у системі висвітлення надводної обстановки.....	21
Кошовий М.Д., Малкова Г.В. Двопараметрична оптимізація плану експерименту при дослідженні поверхні кремнію в процесах глибокого плазмохімічного травлення МСМС..	42
Мясищев А.А., Ленков С.В., Зінчик А.Г., Пампуха І.В., Ряба Л.О. Проектування багатофункціонального БПЛА роторного типу на базі прошивки Ardupilot.....	49
Передерко А.Л. Адаптивний механічний фільтр для п'єзоелектричного акселерометра...	60

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Ленков С.В., Комарова Л.О., Дорошенко Т.В., Солодєєва Л.В. Аналіз проблем лінгвістичного забезпечення кіберфізичних систем нанотехнологій.....	69
Собчук В.В., Барабаш О.В., Мусієнко А.П. Вплив методу адаптивного самодіагностування на процес попередження наслідків відмов модулів інформаційної системи підприємства.....	77
Федченко О.П., Кухарук А.Е., Литвиненко Н.І. Моніторинг якісного стану ґрунтів з використанням геоінформаційного аналізу.....	89
Шинкарук О.М., Мірошніченко О.В., Яшина О.М. До питання управління якістю програмних веб-систем засобами розробки.....	96

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

Городянська Л.В., Цюкало Л.В. Інформаційна безпека суб'єктів малого підприємництва в умовах цифровізації.....	105
Дані про авторів.....	115
Алфавітний покажчик.....	117
Порядок подання і оформлення статей до "Збірника наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка".....	118

CONTENTS

MILITARY EQUIPMENT AND TWO-DESTINATION TECHNOLOGIES

Banzak O.V., Sieliykov O.V., Dobrovolskaya S.V., Konovalenko O.I. Model of physical processes in primary and secondary converters of the detector.....	5
Tolok I.V., Banzak G.V., Lenkov E.S., Bondarenko T.V. Influence of coefficient variation on the value optimal level of maintenance.....	16
Borovyk O.V, Borovyk D.O. Peculiarities of setting the value of the metric applicable to identify the similarity of vessel routes in the lighting system.....	21
Koshevoy N.D., Malkova A.V. Application of the gravity search method to minimize the cost of conducting a multifactor experiment.....	42
Myasishchev A.A., Lienkov S.V., Zinchyk A.G., Pampukha I.V., Riaba L.O. Design of multifunctional uav of rotor type on the base of firmware Ardupilot.....	49
Perederko A.L. Adaptive mechanical filter for piezoelectric accelerometer.....	60

INFORMATION TECHNOLOGIES

Lienkov S.V., Komarova L.O., Doroshenko T.V., Solodeeva L.V. Analysis of the problems of linguistic support of cyberphysical systems of nanotechnologies.....	69
Sobchuk V.V., Barabash O.V., Musienko A.P. The influence of the method of adaptive self-diagnosis on the process of preventing the consequences of module failures enterprise information system.....	77
Fedchenko O.P., Kuharuk A.E., Lytvynenko N.I. The soil quality monitoring with using of the geoinformation analysis.....	89
Shynkaruk O.M., Miroshnichenko O.V., Yashyna O.M. On the question of quality management of software web systems by development tools.....	96

GENERAL QUESTIONS

Gorodianska L.V., Tsiukalo L.V. Information security of small businesses in the context of digitalization.....	105
Data on authors	115
Alphabetical index	117
The order of submission and registration of articles to the "Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv.....	118

ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

UDC 531:535

D.Sc., prof. **Banzak O.V.** (SUITC)
D.Sc. **Sieliykov O.V.** (SE Research Center for Precision Engineering)
Dobrovolskaya S.V. (SUITC)
Konovalenko O.I. (m/u A 3814)

DOI: <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2021/70-01>

MODEL OF PHYSICAL PROCESSES IN PRIMARY AND SECONDARY CONVERTERS OF THE DETECTOR

The level of development and application of radiation technologies is largely determined by the state of nuclear instrumentation. The advent of modern semiconductor sensors for the first time linked nuclear instrumentation and electronics into a single complex - semiconductor detector. It combines semiconductor primary converter of ionizing radiation (sensor), a secondary converter of information from the sensor (electronics) and software for processing this information, interconnected in terms of the problem being solved and parameters. The structural diagram of detector consists of two main parts: a primary converter of ionizing radiation (IR) energy into an electrical signal - a sensor; secondary converter of this electrical signal. The characteristics of detector are mainly determined by the physical properties of the semiconductor crystal as a sensitive element of the primary converter, as well as by the features of the process of recording an electrical signal.

The process of registering an IR consists in converting a non-electrical quantity characterizing it into an electrical signal. In other words, this converts one type of energy - the energy of IR - into another, more convenient for processing and accumulating information. A current or voltage pulse arises in the radiation sensor directly as a result of ionization of its active medium - a semiconductor; this pulse carries extensive information. First of all, it is correlated with the moment of time of the nuclear process. In addition, the pulse marks the fact that radiation is emitted within the solid angle at which the sensor is visible from the source. Pulse amplitude is often a measure of the energy loss of radiation in the sensor. The pulse shape is different for different types of radiation, as well as for different areas and angles of radiation hitting the sensor. In this work, a model of a gamma radiation detector has been created as a single system of primary and secondary converters. It contains physical analysis and analytical presentation of the processes occurring in the CdZnTe-sensor and electronic preamplifier. It is shown that the charge collection in the sensor differs in time, which leads to a spread of signal pulses in duration and amplitude. In this regard, model shows the need to use a charge-sensitive preamplifier. The main advantage of the model is solution to problem of optimizing signal-to-noise ratio in detector.

Keywords: detector, primary and secondary converters, ionizing radiation energy, signal pulse spread

Introduction. At present, practically all branches of industry, many branches of science use sources of ionizing radiation (IR). Nuclear power plants, gamma plants of various capacities, flaw detectors, counters and many other equipment are widely used in the defense complex, medicine, agriculture. However, the most important sector of the use IR in Ukraine after the elimination of nuclear combat potential is nuclear power [1]. The country has five nuclear power plants (NPP) with reactors of two types, which generate about 40% of the country's total electricity [2].

In this regard, the problems of dosimetry, which today have become an independent scientific and technical area of nuclear physics, are acquiring ever increasing importance. Dosimetry, in its essence, solves the problem of linking physical quantities with the expected radiation effects of the use of IR. The main task of dosimetry - identification of sources radiation, posing a threat to the environment and humans - today is solved using a variety of technical registration tools with varying degrees of efficiency. A comparative analysis of such means and methods of their application for registration and dosimetry is presented in this section [3]. In addition, the existing variety of terms

and values in this industry requires some clarification in order to convey the reliability of the presented research results.

Formation of the problem. Turning on CdZnTe-detector in the mode of operation pulsed proportional ionization chamber makes it possible to significantly increase its sensitivity and expand the dynamic range of recorded values dose rate from background to emergency operating modes of the reactor facility. The use of pulsed mode makes it possible to practically realize other possibilities and, first of all, the compensation of energy dependence of sensitivity (EDS), so-called "stroke with stiffness".

Currently, dosimetric devices with silicon-based semiconductor detecting units are commercially available [1]. Advantages of CdZnTe over Si – higher sensitivity and lower energy equivalent of noise [1, 2]. However, a large effective atomic number also determines a larger (more than 10) value of the energy dependence of sensitivity.

Analysis of previous studies. The level of development and application of radiation technologies is largely determined by the state of nuclear instrumentation. In a relatively short period of time, this industry went through several stages of development, and each of them was marked by the emergence of various devices that register and measure the parameters of ionizing radiation: gas-discharge counters, scintillators, semiconductor detectors, and others. Their appearance and further widespread use was provided in the past by works from Crookes, Rutherford, Geiger and Müller to the works of A.B. Dmitriev, S.N. Perelman, V.G. Tchaikovsky, and V.G. Baranov, which are closer to us in time Golbek G.R., Nemirovsky B.V., Yakubovich A.L. and many others. The basis for the progress of nuclear instrumentation was the simultaneous development of two areas - nuclear physics research and electronics. However, both directions at that time developed independently, without proper mutual connection.

The advent of modern semiconductor sensors for the first time linked nuclear instrumentation and electronics into a single complex - a semiconductor detector. It combines a semiconductor primary converter of ionizing radiation (sensor), a secondary converter of information from the sensor (electronics) and software for processing this information, interconnected in terms of the problem being solved and parameters. The possibility of the appearance of such a complex is provided in materials science by the works of V.S. Vavilov, P.I. Baransky, in applied nuclear physics research - M.V. Maksimov, O.V. Maslov and others. In these works, a technique was shown for the selection of semiconductor materials and a design of sensors was proposed, directions for the creation of electronics and computer programs for detectors were determined. This ensured the creation and effective use of semiconductor detectors in dosimetry, radiation control of materials and technological processes of nuclear power plants.

However, the development of nuclear power, the spread of nuclear technologies has put forward new requirements for the control and metrology of ionizing radiation. The current level of nuclear instrumentation cannot fully satisfy them. The solution to this problem can be provided by the development of: methods for choosing the optimal type of semiconductor materials and controlling their properties to create uncooled detectors; sensors with higher resolution; electronics with less noise; computer methods and information processing programs with lower estimated costs; control systems for nuclear materials and the state of NES protective barriers that meet the requirements of existing automatic control of radiation safety (CRS).

Main part. From a formal point of view, any sensor with electrical information pickup can be considered as a current generator to an external recording circuit. As you know, a current generator is understood as a device, the internal resistance R_{BH} of which is much greater than the resistance of the load circuit $R_H : R_{BH} \gg R_H$ (Fig. 1).

In this case, the generator output current does not depend on the load resistance of the external circuit R_H . The role R_H is played by the secondary converter - electronic unit of the detector. This statement is practically true for all types of sensors, since the current pulse i_d , as well as its

duration are determined by internal processes and do not depend on R_H in a wide range of values used in practice [5, 6].

Therefore, for a formal analysis of the formation and transmission of the output signal, the sensor can be represented as an equivalent circuit of a current generator i_D (Fig. 1). The detector current i_D , through the key K , closed for the duration of the current pulse t_i , enters the external load circuit R_H of the sensor, consisting of the load resistance and load capacitance C_H connected in parallel R_H , where $C_H = C_D + C_{BX} + C_M$, C_D – is the capacitance of sensor; C_{BX} – input capacity of the electronic device connected to sensor; C_M is the mounting capacity, including the capacity C_H of the connecting wires between the sensor and the electronic device. Thus, C_H is the total capacitance of the output circuit ("output" in Fig. 1) relative to ground. The resistance and capacitance of the load form an integrating RC-circuit at the sensor output, the time constant $\tau_H = R_H C_H$ of which significantly depends on the accuracy of measuring the particle energy and moment of registration.

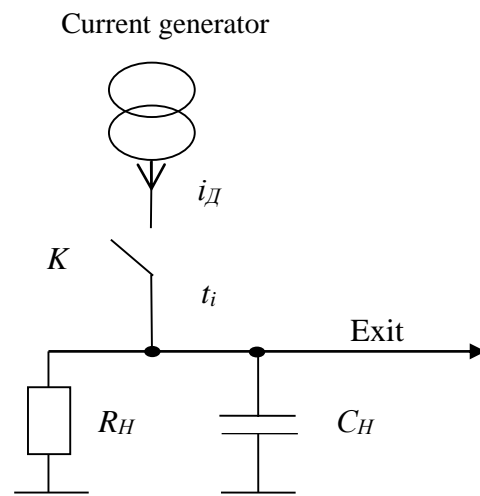


Figure 1 – Equivalent circuit for switching on the sensor

Block diagram of a semiconductor sensor and a circuit for switching on the preamplifier of secondary converter, i.e. of entire detector are shown in Fig. 2.

Consider processes occurring in the primary and secondary blocks of such a detector. When the energy of ionizing radiation is absorbed in W zone of the intrinsic semiconductor, electron-hole pairs are formed, which drift under the action of an electric field between p- and n-contacts, inducing a charge pulse on the sensor electrodes (fig.2a). The width of the zone W is determined by the thickness of material L and applied stress U_b . For CdZnTe, carrier-free zone is determined by the properties of the material.

To ensure directional movement (drift) of charge carriers created by IR, a forward bias voltage $U = \frac{Q}{C}$ is applied to the contacts of the sensor D through load resistance R_V (fig.2b). The resulting impulse voltage drop in most cases is not proportional to the energy lost by the γ -quantum. The difference in the collection time of charges leads to a spread in the duration, and therefore in the amplitude of pulses. In addition, capacitance of the sensor itself does not remain constant. Therefore, in the detector circuit, it is necessary to use a charge-sensitive preamplifier 1 (fig. 2b).

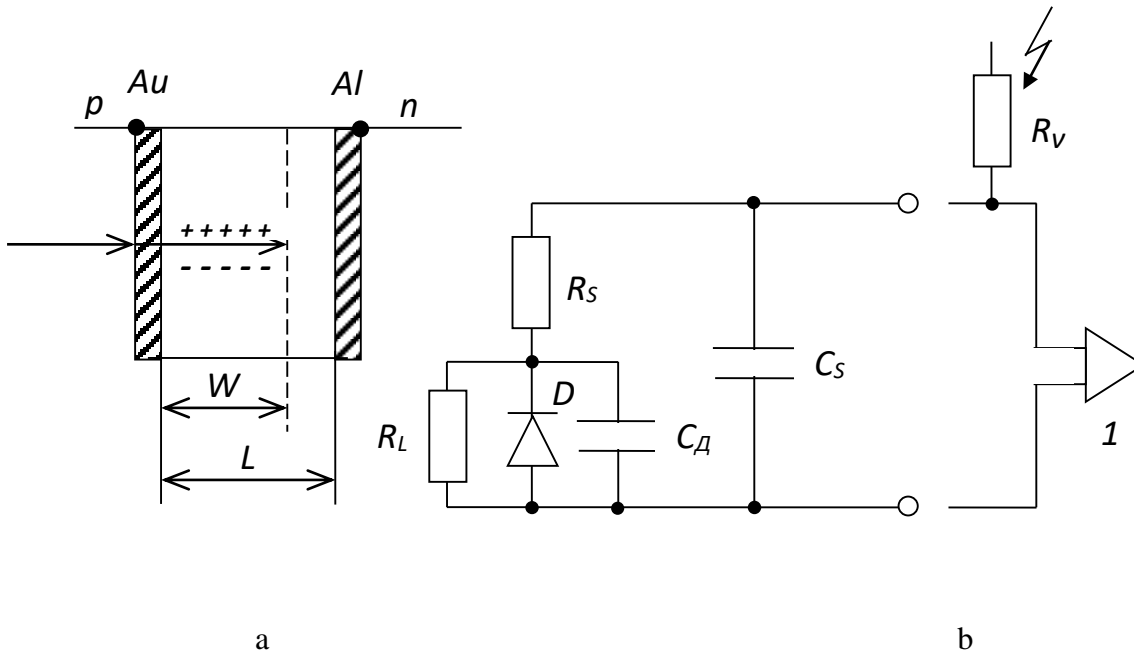


Figura 2 – Sensor structure (a) and equivalent circuit (b) for switching on a semiconductor detector: designations - in the text

The equivalent circuit of semiconductor sensor contains, in addition to the diode D itself, the depletion zone capacitance C_D , parasitic capacitance C_S , leakage resistance R_L and the "trajectory" resistance R_S . The latter is a combination of the resistances of the output electrodes. The capacitance of a diode also depends on the voltage and quality of crystal. This dependence can be approximated as [7-9]:

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

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

The given dependence can be used for a comparative assessment of the modes switching on the sensor. One of the important characteristics of the sensor is the level of signal parasitic components – noise that are not associated with the physical processes of interaction between crystal and IR. The noise level determines the minimum threshold for recording the energy of IR.

The conversion of the energy lost by the particle in the sensor into an electrical signal of corresponding amplitude occurs with an accuracy characterized by resolution of system. The latter depends on many reasons, in particular, on the properties of amplifier. Indeed, since amplitude of the signal generated by semiconductor sensor is small, distortion of amplitude spectrum is primarily due to modulation by noise pulses that arise in it and in the resistances. Adding chaotically to the useful signals, noises "blur" original amplitude spectrum. Distribution of noise in amplitude - Gaussian:

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

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

Let us assume that all other reasons that distort spectrum of signal amplitude, in comparison with the effect of noise, are negligible and register monochromatic charged particles, leaving all the energy in the sensor. In this case, the measured spectrum of signal amplitudes (fig. 3) is also determined by expression (2). However, now \bar{U} – is the average signal amplitude, and σ is determined by the noise, with σ equal to the rms voltage of the noise $\sqrt{U_{uu}^2} = U_{uu}$. The width of the curve at half maximum is called the resolution $\frac{1}{2} \Delta$. Substituting value in equation (2), it is $\frac{1}{2} \Delta = 2.36\sigma$ easy to obtain $p(U) = \frac{1}{2} p(\bar{U})$. By measuring the resolution in energy units (in electron volts), it is possible to determine what part of the energy corresponds to noise level, recalculated to the input of this amplifier [10, 11].

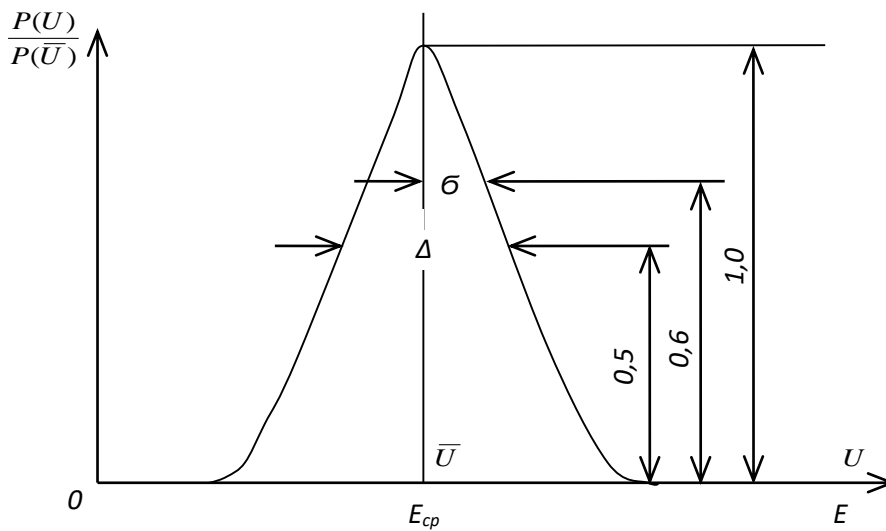


Figure 3 – Expansion of power line due to noise

The absolute value of C_D capacitance, as well as the parasitic capacitance C_S , largely determines the noise level, and with it energy resolution of the charge-sensitive preamplifier. The current flowing through the leakage resistance R_L is another source of noise, which also leads to a deterioration in energy resolution.

For the subsequent devices of detector to work – an amplitude analyzer, discriminator, coincidence circuit – amplifier with a high gain is required. Usually amplifier consists of two separate blocks: the preamplifier and the main amplifier. This separation is due to the desire to minimize input capacitance C , which affects the resolution, while preamplifier is located near the sensor. The signal, amplified by the first unit to a level at which noise of subsequent amplifier practically does not affect, is transmitted to second unit via a matched cable. Particular attention should be paid to obtaining a minimum of noise in the preamplifier [12,13].

For noise analysis, consider in more detail the equivalent circuit of preamplifier. Noise, like a signal, can be expressed numerically in terms of voltage, charge, or energy. With energy losses E , electron-hole pairs $N = \frac{E}{W_p}$ are formed, giving a charge Q at the total input capacitance C . If

$\tau_{6x} = RC$ it is large compared to the time of charge collection, then signal amplitude $U' = \frac{Q}{C}$. For

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

$Q_u = U_u C \cdot e$ carriers $N_u = \frac{Q_u}{q}$ and, finally, to the equivalent noise energy [14]:

$$E_u = \frac{U_u C \cdot e \overline{W_p}}{q}.$$

Signal-to-noise ratio $\eta = \frac{U}{U_u}$ is often used when evaluating the noise properties of amplifiers.

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

The simplest equivalent circuit of the preamplifier input circuit is shown in fig. 4 a. It includes a signal source – semiconductor sensor D , field – effect transistor and noise sources acting at the input of preamplifier. The total input capacitance C consists of the capacitance of the sensor C_D , input capacitance of the field-effect transistor C_{IT} and possible parasitic capacitances of C_{II} , i.e. $C = C_D + C_{IT} + C_{II}$. The input capacitance C receives a charge Q generated as a result of interaction with ionizing radiation, so that the input signal of preamplifier is a step, a voltage drop with an amplitude $S = Q/C$.

The spectral composition of such a signal is inversely proportional to the frequency ω , i.e.,

$$S(\omega) = \frac{Q}{C} \cdot \frac{1}{j\omega},$$

where $j = \sqrt{-1}$.

The equivalent circuit takes into account two main sources of noise. The first is connected in parallel with the signal source and the input capacitance C and is therefore called parallel noise. It is caused by the reverse current of i_D sensor and input current of gate field-effect transistor i_{IT} , as well as the leakage resistances R_p in crystal and resistors connected in parallel with the input. The spectral density of the parallel noise current is:

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

where I – is the sum (modulo) of all currents acting in parallel to the sensor; R_p – resistance of all resistors connected in parallel with the sensor; Δf – fragment of the spectral characteristics; T – absolute temperature $\bar{u}_s^2(\omega)$ serial (a) and parallel $\bar{u}_p^2(\omega)$ (b).

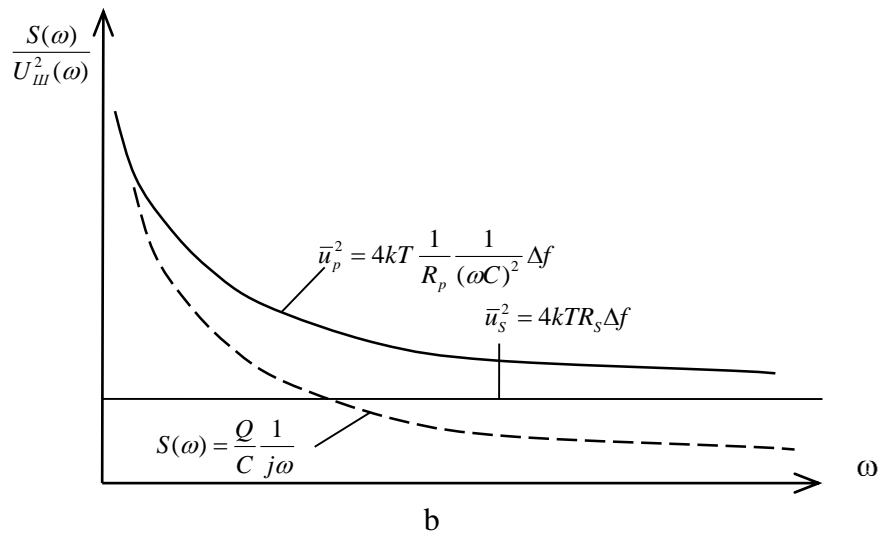
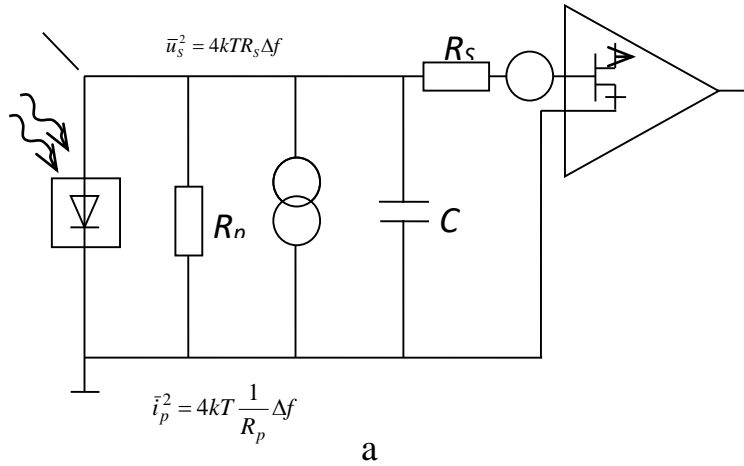


Figura 4 – Equivalent circuit of the input circuit of the preamplifier and its noise sources (a), the frequency spectrum of the input signal $S(\omega)$ and the main components of the input noise: serial $\bar{u}_s^2(\omega)$ and parallel $\bar{u}_p^2(\omega)$ (b)

This spectral density can be expressed by one equivalent noise impedance R_p , value of which is determined by ratio:

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

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

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

Another source of noise in the input stage is determined by the input amplifier, the principle of its amplification. This noise does not depend on the input elements, so it is convenient to take it into account by equivalent noise impedance R_S connected in series with the amplifier input (fig. 4). For a field effect transistor, series equivalent noise impedance is $R_S \approx \frac{1}{S}$, where S – is the slope of input characteristic of transistor. The sequential noise intensity is also frequency-independent and amounts to:

$$\frac{\overline{u_s}^2}{\Delta f} = 4kTR_S. \quad (6)$$

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

$$\frac{\overline{u_s}^2}{\Delta f} = \frac{A_f}{f^\alpha}, \quad (7)$$

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

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

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

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

In (8) is spectral density of the input noise - a narrow differential bandwidth of frequencies around the frequency.

In spectrometric practice, to assess the noise of amplifiers, it is more often not the standard deviation σ_E that is used, but the distribution width at level of 0.5 of maximum value. This value in the domestic literature is called the energy resolution:

$$\frac{1}{2} \Delta_E = 2,35 \sigma_E. \quad (9)$$

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

$$\Delta_E = \sqrt{\varepsilon^2 \left(C_{II.T.}^2 \frac{R_S}{\tau} \right) + \varepsilon^2 \frac{R_S}{\tau} C_{II}^2} \approx (\Delta_E)_0 + \varepsilon \sqrt{\frac{R_S}{\tau}} C_{II}. \quad (10)$$

The first term $(\Delta_E)_0$ does not depend on the external capacitance and is initial noise contribution of amplifier at zero capacitance of sensor, it is determined by parallel noise and partially serial. The second term grows with an increase in capacitance of sensor. The multiplier here represents the slope of the dependence of the noise characteristic on the external capacitance. This term is determined only by serial noise of amplifier. Such a visual (albeit somewhat simplified) representation of the noise properties of amplifiers is true not only for the considered CR-RC shaping, but also for any shaper. In this case, character of dependences initial noise and the slope of the noise characteristic on R_S, R_P and τ (pulse duration) is preserved. However, quantitatively, these parameters will enter the general formula (8) with other coefficients.

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

$$|\Phi_1(\omega)|^2 = \frac{1}{U_w^2(\omega)} = \frac{\omega^2 C^2}{4kTR_s \omega^2 C^2 + 2qI_c + C_{\Pi}} . \quad (11)$$

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

$$U'(t) = \frac{Q}{C} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{onm}}} . \quad (12)$$

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

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

The model of the primary converter (sensor) allows calculating dependence of energy equivalent of noise on properties of preamplifier input stage, taking into account real properties of the crystal. It is shown that:

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

Conclusions. In this work, a model of gamma radiation detector has been created as a unified system of primary and secondary converters. It contains physical analysis and analytical presentation of the processes occurring in CdZnTe-sensor and electronic preamplifier. It is shown that the charge collection in sensor differs in time, which leads to a spread of signal pulses in duration and amplitude. In this regard, the model shows the need to use a charge-sensitive preamplifier.

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

- energy resolution of the charge-sensitive preamplifier is determined by the noise level, which depends on capacitance of sensor, and therefore on the bias voltage and crystal quality;
- in order to obtain the maximum signal-to-noise ratio, it is necessary to select the frequency response of spectrometric path according to the theory of optimal filtering by V.A. Kotelnikov; for this, filters of both low and high frequencies must be included in the path; thus, the simplest shaper of a spectrometric amplifier should consist of a CR-RC filter; optimal shaping gives a 26% signal-to-noise ratio gain compared to simple shaping.

REFERENCTS:

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

13. Mokritsky V.A., Maslov O.V., Bansak O.V. Methods and means controls of nuclear materials and state of protective barriers at nuclear power plants // Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. - К.: МІКНУ, 2019. - № 63. – С. 66 – 72.

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

**д.т.н., проф. Банзак О.В., д.т.н., с.н.с. Сєлюков О.В., Добровольська С.В., Коноваленко О.І.
МОДЕЛЬ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ПЕРВИННОМУ І ВТОРИННОМУ
ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ДЕТЕКТОРА**

Рівень розвитку і застосування радіаційних технологій в значній мірі визначається станом ядерного приладобудування. Поява сучасних напівпровідникових датчиків вперше зв'язало ядерне приладобудування і електроніку в єдиний комплекс - напівпровідниковий детектор. У ньому поєднуються взаємозалежні по розв'язуванню задачі і параметрам напівпровідниковий первинний перетворювач іонізуючого випромінювання (датчик), вторинний перетворювач інформації від датчика (електроніка) і програмне забезпечення для обробки цієї інформації. Структурна схема детектора складається з двох основних частин: первинного перетворювача енергії іонізуючого випромінювання (П) в електричний сигнал - датчика; вторинного перетворювача цього електричного сигналу. Характеристики детектора визначаються, головним чином, фізичними властивостями кристала напівпровідника як чутливого елемента первинного перетворювача, а також особливостями процесу реєстрації електричного сигналу.

Процес реєстрації П полягає в перетворенні неелектричної величини, що характеризує його, в електричний сигнал. Інакше кажучи, при цьому перетворюється один вид енергії - енергія П - в інший, більш зручний для обробки і накопичення інформації. У датчику випромінювання виникає імпульс струму або напруги безпосередньо в результаті іонізації його активного середовища - напівпровідника, цей імпульс несе велику інформацію. Перш за все, він коррелирован з моментом часу ядерного процесу. Крім того, імпульс відзначає факт випромінювання радіації в межах тілесного кута, під яким датчик видно від джерела. Амплітуда імпульсу часто служить мірою енергетичних втрат випромінювання в датчику. Форма імпульсу відрізняється для різних видів випромінювання, а також для різних областей і кутів попадання випромінювання в датчик.

В роботі створена модель детектора гамма-випромінювання як єдиної системи первинного та вторинного перетворювачів. Вона містить фізичний аналіз і аналітичне уявлення процесів, що відбуваються в CdZnTe-датчику і електронному зовнішнього підсилювача. Показано, що в датчику збір зарядів різниться в часі, що призводить до розкиду імпульсів сигналу по тривалості і амплітуді. У зв'язку з цим в моделі показана необхідність використання зарядово-чутливого попереднього підсилювача. Основною перевагою моделі є вирішення проблеми оптимізації співвідношення сигнал/шум в детекторі.

Ключові слова: детектор, первинний і вторинний перетворювачі, енергія іонізуючого випромінювання, розкид імпульсів сигналу.

INFLUENCE OF COEFFICIENT VARIATION ON THE VALUE OPTIMAL LEVEL OF MAINTENANCE

Complex technical objects in modern society are extremely important. Such objects belong to the class of recoverable objects of long-term repeated use. They tend to be expensive and costly to operate. To ensure the required level of reliability during their operation, maintenance is usually carried out, the essence of which is the timely preventive replacement of elements that are in a pre-failure state. A characteristic feature of complex technical objects for special purposes is the presence in their composition of a large number (tens, hundreds of thousands) of different types of component parts that have different levels of reliability, different patterns of their wear and tear processes. This feature requires a more subtle approach to the organization and planning of maintenance during their operation.

The problem is that during the development of such facilities, all issues related to maintainability and maintenance should be addressed already at the early stages of facility design. If you do not provide in advance the necessary hardware and software for the built-in monitoring of technical condition (TC) of the object, do not develop and “build” the maintenance technology into the object, then it will not be possible to realize in the future a possible gain in the reliability of object due to maintenance. Since all these issues must be resolved at the stage of object creation (when the object does not yet exist), mathematical models of the maintenance process are needed, with the help of which it would be possible to calculate the possible gain in the level of reliability of facility due to maintenance, to estimate the cost costs required for this. Then, based on such calculations, make a decision on the need for maintenance for this type of objects and, if such a decision is made, develop structure of the maintenance system, choose the most acceptable maintenance strategy, and determine its optimal parameters. In this paper, we study the influence of the coefficient variation on value of the optimal level of maintenance. The work also confirms the general idea that the smaller value of the coefficient variation of random operating time to failure of the serviced elements, greater optimal value of maintenance level should be.

Keywords: maintenance, coefficient of variation, facility reliability, component parts.

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

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

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

Analysis of previous studies. The “surge” in number of theoretical works on the maintenance of complex systems falls on the 70-s of the last century, which can be explained by the mass production of complex radio-electronic equipment for military and special purposes at that time [1-6]. Currently, there is a decline in the number of scientific publications devoted to the maintenance of complex technical objects. One of the reasons for this, in our opinion, is the sharp increase in the level of integration and reliability of components. Thanks to this, the developers of sophisticated

equipment were able to solve the issues of ensuring the required level of reliability without significant maintenance costs (or without maintenance at all). However, the same reason (high integration and reliability of component parts) opened up the possibility of implementing more and more complex technology with new functions, which was impossible with the old element base. This again leads objectively to the problems of ensuring reliability and, therefore, the question of need for maintenance and the choice of optimal strategy for its implementation again becomes relevant.

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

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

Main part. From simple physical considerations, it is clear that the choice of the optimal level of maintenance u_{toi} should depend on the statistical properties of determining parameter of i -th element. Obviously, the main characteristic, on which the choice of the optimal value u_{toi} depends, is the coefficient of variation v_{ui} determining parameter. The smaller value v_{ui} , larger the optimal value u_{toi} should be.

In the developed ISS, DN -distribution is used as a model for failures of serviced elements. A feature of DN -distribution is that the coefficient of variation V_i distribution is equal to the coefficient of variation v_{ui} defining parameter of the element, the failures of which generate the given DN -distribution [11]. This fact greatly simplifies the study of the properties of optimal maintenance u_{toi}^* levels. Let us investigate how the optimal value on average depends on the coefficient of variation serviced elements. The study will be carried out in MC simulation mode with a constant monitoring frequency. For all serviced elements, we will set the same values of the coefficient of variation $V_i \equiv V$ operating time to failure, and determine the same optimal value $u_{\text{toi}}^* \equiv u_{\text{to}}^*$. The optimal value u_{to}^* will be determined by the criterion

$$u_{\text{to}}^* : c_{\text{yfl}}(E_{\text{to}}, u_{\text{to}}, T_k) \rightarrow \min_{u_{\text{to}}} , \quad (1)$$

where the parameters and are fixed. The set is a characteristic of object, the parameter will vary in a certain range.

For the study, special software has been developed that allows us to obtain the dependence of the indicator on the parameters of interest to us. The calculation results are obtained in the form of the corresponding graphs.

The study will be carried out using the example of test object Test-1. In database for Test-1 object, we will sequentially set different values of the coefficient of variation v of the distribution of the operating time to failure of the structural elements lower level. Then, for each value v , we will make calculations in order to determine the optimal value of the maintenance u_{to}^* level according to criterion (1).

We will make variations u_{to} in range [0,1; 0.96] with an interval of 0.02. We will make

calculations under the condition that the set $E_{\text{то}} = \{132, 12, 11111\}$, for three values of the monitoring frequency $T_{\text{к}}$: 500 h, 1000 h and 1500 h.

In fig. 1 shows graphs of dependence unit operating cost $c_{\text{уд}}(E_{\text{то}}, u_{\text{то}}, T_{\text{к}})$ on $u_{\text{то}}$ at $T_{\text{к}} = 1000$ h for three values of the coefficient of variation: ν : 0.1; 0.5; 1.0.

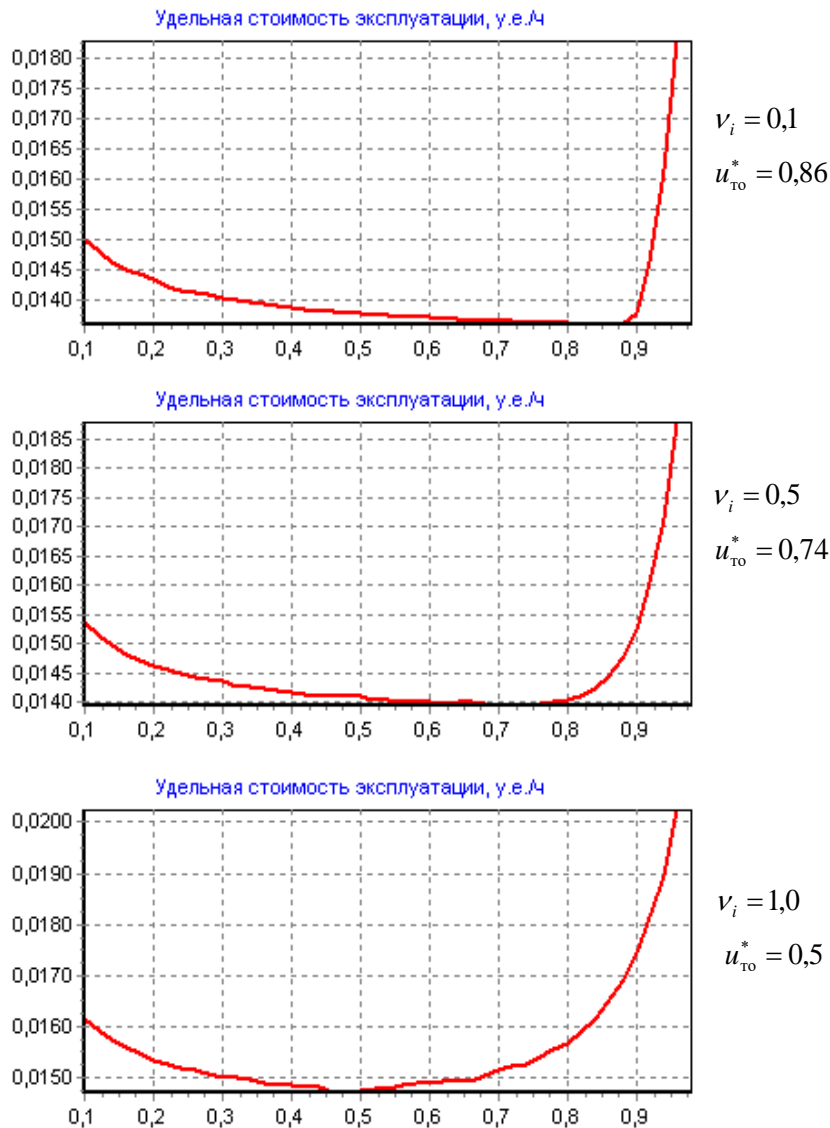
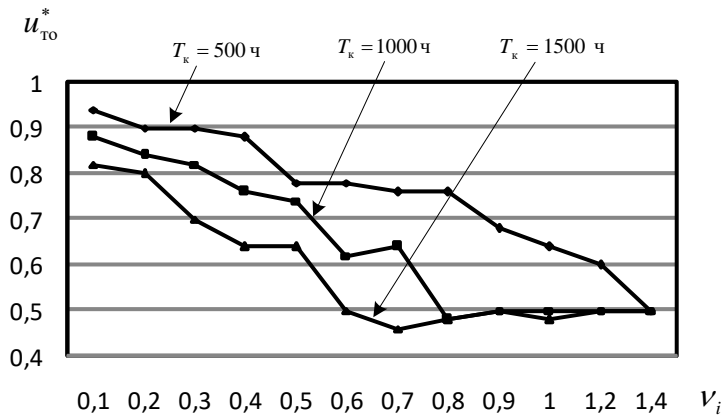


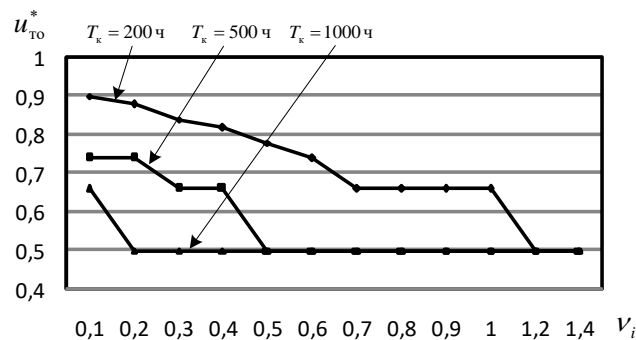
Figura 1 – Graphs of dependence $c_{\text{уд}}$ on level of maintenance $u_{\text{то}}$ at various values ν_i (object Test-1, $T_{\text{к}} = 1000$ h)

The graphs show that with an increase in the coefficient of variation ν , optimal value of the maintenance $u_{\text{то}}^*$ level shifts to the region of lower values.

Graphs fig. 1 are given only to illustrate the type of results obtained. Based on the totality of all calculation results for Test-1 object obtained in this study, the graphs shown in fig. 2 a. Similar graphs were obtained for other test objects. In general, their nature is similar to the graphs for the Test-1 object. In fig. 2 b shows the same graphs for the Test-4 object as an example.



a) Test-1 object



b) Test-4 object

Figure 2 – Graphs of the dependence of optimal level maintenance u_{TO}^* on the value of coefficient variation V_i for different values of monitoring frequency T_k

Conclusions. In general, based on the results of this brief study, following conclusions can be drawn:

- general idea is confirmed that the smaller the value of the coefficient of variation of the random operating time to failure of the serviced elements, the greater the optimal value of the maintenance level u_{TO}^* should be;
- since for the serviced elements value V_i of the coefficient variation, as a rule, is much less than 1, the optimal maintenance u_{TOi}^* levels for various elements should be determined separately;
- if coefficients of variation operating time to failure of the serviced elements are close to 1, the optimal maintenance level for them is a value $u_{TOi}^* = 0.5$.

REFERENCES:

1. Forecasting to reliability complex object radio-electronic technology and optimization parameter their technical usage with use the simulation statistical models: [monography] in English / Sergey Lenkov, Konstantin Borjak, Gennady Banzak, Vadim Braun, ets.; under edition S.V. Lenkov. – Odessa: Publishing house “VMV”, 2014. – 252 p.
2. Jason Brown, Lucas Mol On the roots of all-terminal reliability polynomials / Discrete Mathematics, Volume 340, Issue6, June 2017, pages 1287-1299.
3. Lirong Cui, Yan Li, Jingyuan Shen, Cong Lin Reliability for discrete state systems with cyclic missions periods / Applied Mathematical Modtilling, Volumt 40, Issues 23-24, December 2016, Pages 10783-10799/
4. Iris Tien, Armen Der Kiureghian Algorithms for Bayesian network modeling and reliability

assessment of infrastructure systems / Reability Engineering & System Safety, Volume 156, December 2016, Pages 134-147.

5. Volokh O.P. Methods of substantiation rational values operiodicity of maintenance of machines of engineering armament during operation // Collection of scientific works of Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2005. – P. 29-32.

6. Boryak K.F. Faultlessness model of a complex recoverable object of electronic equipment // Collection of scientific works of Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv: 2009. - № 21. – P.33-41.

7. Reliability and efficiency in technology. Directory. Vol.2. Mathematical methods in the theory of reliability and efficiency / Ed. B.V. Gnedenko. M. : Mechanical Engineering, 1988. – 280 p.

8. Computational methods of research and design of complex systems. Mikhalevich V.S., Volkovich V.L. - M. : Science, 1982. 286 s.

9. Braun V.O., Boryak K.F., Lantvoyt O.B., TSytsarev V.N. Modeling of maintenance processes of complex reconstructed objects of radio-electronic equipment // News of the Engineering Academy of Ukraine.- K., 2008. - №1. – P. 47 – 52.

10. Boryak K.F. Research of the process of maintenance of complex renewable objects of electronic equipment with the help of simulation statistical model // Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine. - K., 2008. - №2. – P.85 – 91.

11. Banzak H.V. Reliability database of complex objects of radio-electronic equipment / H.V.Banzak, K.F.Boryak, V.N.TSytsarev // Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv. – 2010. – № 27. – P.89 – 97.

12. Banzak O.V. Research processes of gamma radiation detector for developing a portable digital spectrometer / O.V. Sieliykov, M.V. Olenev, S.V. Dobrovolskaya, O.I. Konovalenko // Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv. - 2020. - № 69. - P.5 - 13.

к.пед.н., доц. Толлок І.В., к.т.н., доц. Банзак Г.В., к.т.н., ст. досл. Ленков Є.С., Бондаренко Т.В.

ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА ВАРІАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ОПТИМАЛЬНОГО РІВНЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Складні технічні об'єкти в сучасному суспільстві мають виключно важливе значення. Такі об'єкти відносяться до класу об'єктів, що відновлюються тривалого багаторазового застосування. Вони, як правило, є дорогими і вимагають значних витрат на їх експлуатацію. Для забезпечення необхідного рівня безвідмовності в процесі їх експлуатації зазвичай проводиться технічне обслуговування (ТО), суть якого полягає у своєчасній заміні, що попереджується елементів, що знаходяться в передбаченому стані. Характерною особливістю складних технічних об'єктів спеціального призначення є наявність в їх складі великої кількості (десятки, сотні тисяч) різномісних комплектуючих елементів, які мають різний рівень надійності, різні закономірності процесів їх зносу і старіння. Ця особливість вимагає більш тонкого підходу до організації і планування ТО в процесі їх експлуатації.

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

У даній роботі проводиться дослідження впливу коефіцієнта варіації на величину оптимального рівня технічного обслуговування. Також в роботі підтверджується загальне міркування про те, що чим менше величина коефіцієнта варіації випадкової напрацювання до відмови обслуговуються елементів, тим більшим має бути оптимальне значення рівня ТО.

Ключові слова: технічне обслуговування, коефіцієнт варіації, безвідмовність об'єкта, комплектуючі елементи.

ОСОБЛИВОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ВЕЛИЧИНИ МЕТРИКИ, ЩО ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОДІБНОСТІ МАРШРУТІВ СУДЕН У СИСТЕМІ ВИСВІТЛЕННЯ НАДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ

Інформаційна складова сучасної моделі охорони кордону на морській ділянці реалізується з використанням інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної системи Морської охорони «Гарт-12». Застосування цієї системи дозволяє отримувати інформацію про поточне положення суден, порт відправки та порт призначення, тип вантажу та інші додаткові дані. При виборі судна у системі висвітлення надводної обстановки існує можливість перегляду попередніх точок його маршруту, отриманих у певні дискретні моменти часу. Останнє необхідне для встановлення можливих ознак порушення правил прикордонного режиму порушниками прикордонного законодавства. При цьому, візуалізація маршруту здійснюється з використанням лінійної апроксимації, а можливе порушення правил прикордонного режиму встановлюється на основі порівняння маршруту руху окремого судна та кластера маршрутів, що з'єднують пункт відправлення та призначення судна. Однак застосування лінійної апроксимації при формуванні неперервного апроксимаційного маршруту руху судна є сумнівним і нічим не підтвердженим.

У роботі досліджено вплив виду апроксимації при побудові в системі висвітлення надводної обстановки неперервного маршруту руху судна через множини дискретних точок місцезнаходження судна у фіксовані моменти часу на величину метрики, що застосовується для встановлення подібності маршруту двох різних суден. Дослідження передбачало: здійснення формалізації досліджуваної задачі; проведення аналізу можливості застосування для її вирішення лінійної, кусково-квадратичної апроксимації, апроксимації за допомогою інтерполяційного поліному Лагранжа та інтерполяційного поліному Ньютона, а також сплайн-інтерполяції; здійснення розрахунку метрики для встановлення ступеня подібності маршрутів суден; перевірку гіпотези про доцільність застосування лінійної апроксимації на основі порівняння отриманих результатів з використанням різних апроксимаційних методів. Програмно-алгоритмічна реалізація вирішення досліджуваної задачі, що здійснена авторами, дозволяє автоматизувати процес перевірки гіпотези та становить основу для подальшого дослідження впливу виду апроксимації на форму кластера маршруту суден.

Ключові слова: метрика, апроксимація, система висвітлення надводної обстановки, подібність маршрутів, кластеризація.

Вступ. Інформаційна складова сучасної моделі охорони кордону на морській ділянці реалізується з використанням інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної системи (ІТС) Морської охорони «Гарт-12». Застосування ІТС «Гарт-12» дозволяє отримувати інформацію про поточне положення суден, порт відправки та порт призначення, тип вантажу та інші додаткові дані. При виборі судна у системі висвітлення надводної обстановки (СВНО) існує можливість перегляду попередніх точок його маршруту, отриманих в певні дискретні моменти часу. Останнє необхідне для встановлення можливих ознак порушення правил прикордонного режиму. При цьому, візуалізація маршруту здійснюється з використанням лінійної апроксимації (наявні точки з'єднуються відрізками прямих), а можливе порушення правил прикордонного режиму встановлюється на основі співставлення маршруту руху окремого судна та кластера маршрутів, що з'єднують пункт відправлення та призначення судна.

Постановка проблеми. Авторські дослідження, що стосувалися питань оцінки достовірності результатів, що формуються діючою СВНО, вказують на те, що застосування згаданої лінійної апроксимації при формуванні неперервного апроксимаційного маршруту руху судна, є сумнівним і нічим не підтвердженим [1]. Особливий сумнів виникає у випадку значної віддаленості в часі або просторі досліджуваних точок, які характеризують положення

судна. А тому актуальності набуває завдання перевірки гіпотези про доцільність застосування лінійної апроксимації у задачі побудови кластерів маршруту руху суден.

На думку авторів, перевірка гіпотези може бути здійснена на основі вирішення задачі при застосуванні інших видів апроксимації. У разі, якщо виявиться, що застосування інших видів апроксимації не впливає на структуру кластера маршрутів суден, у СВНО можна буде з достатнім ступенем точності застосовувати лінійну апроксимацію. Якщо ж виявиться, що застосування інших видів апроксимації впливатиме на структуру кластера маршрутів суден, необхідним буде пошук механізмів удосконалення методу кластеризації маршрутів.

Зважаючи на те, що вид апроксимації маршруту судна безпосередньо впливає на величину метрики, що застосовується для встановлення подібності маршрутів двох довільних суден, за доцільне вбачається дослідження впливу виду апроксимації на величину згаданої метрики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зважаючи на підхід, який пропонується для розв'язання визначеної задачі, актуальним є проведення аналізу наукових праць, у яких аналізувалися питання, що стосуються підходів до побудови кластерів і застосування методів апроксимації.

Ці питання, зокрема, відображені у роботах [2-14].

Так, у роботах [2-4] наведено класифікацію методів кластеризації, в тому числі і геопросторових даних, а також методи групування даних у кластери.

Роботи [5-7] присвячені питанням алгоритмізації задачі кластеризації різного роду даних, у тому числі і для спеціальних мереж, а також багатокритеріальному оцінюванню ефективності кластеризації.

У працях [8-9] для вирішення задачі класифікації маршрутів наведено можливі методи кластеризації, які дозволяють, встановивши належність даних про окремі маршрути до кластерів, визначити еталонний маршрут.

Наявність методики кластеризації наявних даних про маршрути суден дозволила авторам роботи [10] запропонувати підхід до визначення просторових аномалій руху суден та оцінки ступеня ризиків порушення прикордонного законодавства. На основі кластеризації було запропоновано технологію проведення класифікації наявних даних у базі ІТС «Гарт-12» та визначення еталонних маршрутів. Дані про ці маршрути дозволяють класифікувати нові дані, які надходять до СВНО, та проводити на їх основі аналіз ризиків. Також у роботі визначено логічні вирази для встановлення рівня загроз щодо порушення прикордонного законодавства на морській ділянці кордону.

Однак, незважаючи на значну кількість проведених досліджень, питання достовірності отриманих результатів залишається ще не до кінця вивченим. Його подальше дослідження передбачає застосування методів нелінійної апроксимації, увага яким приділена, зокрема, у роботах [11-14].

Метою статті є дослідження впливу виду апроксимації при побудові в СВНО неперервного маршруту руху судна через множину дискретних точок місцезнаходження судна у фіксовані моменти часу на величину метрики, що застосовується для встановлення подібності маршруту двох різних суден.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення мети вбачається за доцільне: здійснити формалізацію досліджуваної задачі; здійснити опис підходів до її вирішення при застосуванні різних видів апроксимації; здійснити розрахунок метрики для встановлення ступеня подібності маршрутів суден і порівняти отримані результати, що дозволить перевірити гіпотезу про доцільність застосування в СВНО лінійної апроксимації.

Математична постановка задачі.

Нехай

$$\begin{aligned} M_1 &= \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_{k_1}, y_{k_1})\}, \\ M_2 &= \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_j, y_j), \dots, (x_{k_2}, y_{k_2})\} \end{aligned} \quad (1)$$

це множини координат точок місцезнаходження 1-го та 2-го судна, відповідно.

k_1, k_2 – це потужності множин M_1, M_2 , відповідно.

Уявлення про місце знаходження суден у фіксований момент часу в СВНО можна сформулювати, наприклад, з використанням рис. 1.

Слід зауважити, що потужності множин M_1, M_2 для різних суден, у загальному випадку, різні. Причому потужності цих множин можуть відрізнятися достатньо суттєво навіть у випадку, якщо судна рухаються по одному маршруту між заданими пунктами відправлення та призначення.

Ступінь подібності маршрутів M_1 та M_2 двох суден (див. рис. 2) визначається за допомогою метрики $R(M_1, M_2)$, як середнє відхилення точок множини M_2 , які описують дискретний маршрут руху другого судна, від апроксимованого неперервного першого маршруту у вигляді [1]

$$R(M_1, M_2) = \frac{\sum_{j=1}^{k_2} R_{\min j}}{k_2}, \quad (2)$$

де $R_{\min j}$ є найкоротшою відстанню від j -ї точки множини M_2 до встановленого першого маршруту, тобто до найближчого деякого i -го сегменту лінії, яка з'єднує точки (x_i, y_i) і (x_{i+1}, y_{i+1}) множини M_1 , а k_2 - кількість досліджуваних точок другого маршруту.

Ступінь подібності маршрутів M_1 та M_2 може визначатися і за допомогою метрики $R(M_2, M_1)$ (див. рис 3), як середнє відхилення точок множини M_1 , які описують дискретний маршрут руху першого судна, від апроксимованого неперервного другого маршруту у вигляді [1]

$$R(M_2, M_1) = \frac{\sum_{i=1}^{k_1} R_{\min i}}{k_1}, \quad (3)$$

де $R_{\min i}$ є найкоротшою відстанню від i -ї точки множини M_1 до встановленого другого маршруту, тобто до найближчого деякого j -го сегменту лінії, яка з'єднує точки (x_j, y_j) і (x_{j+1}, y_{j+1}) множини M_2 , а k_1 - кількість досліджуваних точок першого маршруту.

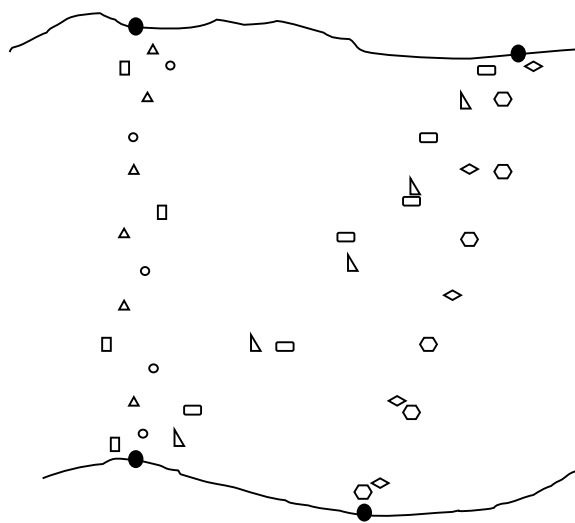


Рисунок 1 – Схематичне представлення даних щодо положення окремих суден у СВНО:

- - пункти відправлення суден;
- □ △ ◇ ◻ - позначення положення окремих суден.

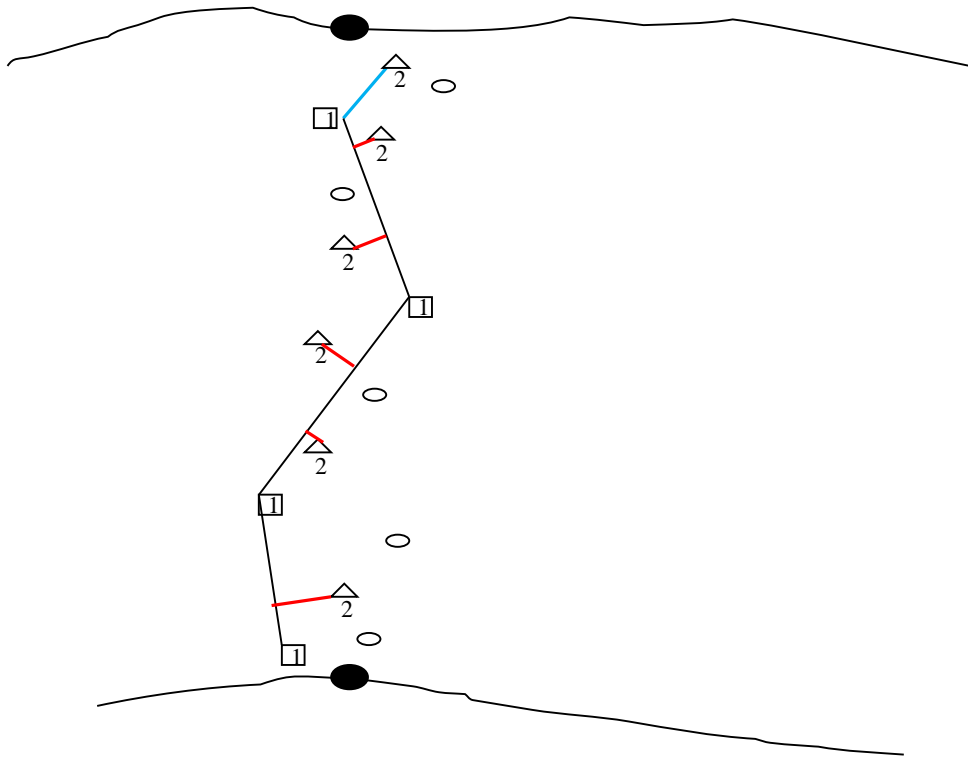


Рисунок 2 – Підхід до визначення ступеня подібності маршрутів M_1 та M_2 за допомогою метрики $R(M_1, M_2)$

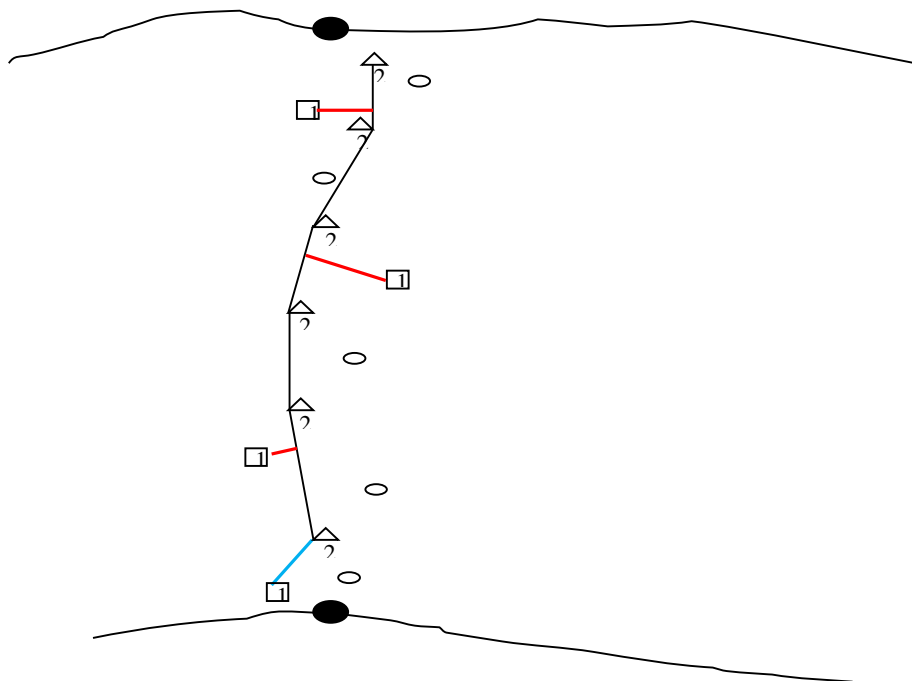


Рисунок 3 – Підхід до визначення ступеня подібності маршрутів M_2 та M_1 за допомогою метрики $R(M_2, M_1)$

Необхідно встановити вплив виду апроксимації, яка застосовується при побудові маршруту 1-го (див. рис. 2) або 2-го (див. рис. 3) судна на величину метрик $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$, відповідно.

Опис підходів до вирішення задачі при застосуванні різних видів апроксимації.

Як наведено у роботі [1], при використанні лінійної апроксимації координати (x, y) точки i -го сегменту прямої, яка з'єднує точки (x_i, y_i) і (x_{i+1}, y_{i+1}) першого маршруту, і яка є найближчою до j -ї точки з координатами (x_j, y_j) множини M_2 , можна отримати з формул

$$\begin{aligned} x &= \frac{y_j \cdot k_i + x_j - b_i \cdot k_i}{1 + k_i^2}, \\ y &= k_i \cdot x + b_i, \end{aligned} \quad (3)$$

де k_i, b_i – параметри лінійного рівняння прямої, що описує i -й сегмент, який з'єднує точки (x_i, y_i) і (x_{i+1}, y_{i+1}) множини M_1 . Вказані параметри можуть бути нескладно знайдені з використанням рівняння прямої, що проходить через дві задані точки.

Тоді

$$R_{\min j} = \sqrt{\left(x_j - \frac{y_j \cdot k_i + x_j - b_i \cdot k_i}{1 + k_i^2}\right)^2 + \left(y_j - k_i \cdot \frac{y_j \cdot k_i + x_j - b_i \cdot k_i}{1 + k_i^2} - b_i\right)^2}. \quad (4)$$

Формула (4) може застосовуватись у випадку, коли найкоротша відстань від j -ї точки множини M_2 до встановленого першого маршруту знаходиться на перпендикулярі від j -ї точки множини M_2 до деякого сегмента неперервного апроксимованого першого маршруту (на рис. 2 це відрізки, що зображені червоним кольором).

Однак, можливий випадок, коли величина x , що отримана з (3), може знаходитись поза діапазоном $[x_i, x_{i+1}]$. Тоді величину $R_{\min j}$ пропонується знаходити як найменшу відстань від j -ї точки множини M_2 до кінців відрізка i -го сегменту (тобто до точок (x_i, y_i) і (x_{i+1}, y_{i+1}) множини M_1) (на рис. 2 це відрізок, що зображений синім кольором).

Тоді, з урахуванням цього, у загальному випадку

$$R_{\min j} = \begin{cases} \sqrt{\left(x_j - \frac{y_j \cdot k_i + x_j - b_i \cdot k_i}{1 + k_i^2}\right)^2 + \left(y_j - k_i \cdot \frac{y_j \cdot k_i + x_j - b_i \cdot k_i}{1 + k_i^2} - b_i\right)^2}, & x \in [x_i, x_{i+1}], \\ \min \left\{ \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}, \sqrt{(x_j - x_{i+1})^2 + (y_j - y_{i+1})^2} \right\}, & x \notin [x_i, x_{i+1}]. \end{cases} \quad (5)$$

Послідовне використання виразів (5), (3), (2) визначає методику обчислення метрики $R(M_1, M_2)$.

При застосуванні інших видів апроксимації задача відшукування величини $R_{\min j}$, а отже, і метрики $R(M_1, M_2)$, складається з двох частин: відшукування виду формульної залежності для лінії, що описує точки (x_i, y_i) і (x_{i+1}, y_{i+1}) множини M_1 , та встановлення найменшої відстані від j -ї точки множини M_2 до цієї лінії.

Слід зауважити, що друга частина задачі є типовою і незалежною від того, який вид апроксимації використовується для вирішення першої частини задачі.

Для вирішення ж першої частини задачі розглянемо випадки застосування наступних видів апроксимації: кусково-квадратичної, інтерполяційного поліному Лагранжа, інтерполяційного поліному Ньютона, сплайн-інтерполяції.

При використанні кусково-квадратичної інтерполяції в якості лінії, що поєднує точки окремого сегменту, розглядається квадратична функція $g(x) = ax^2 + bx + c$. При цьому, сегмент поєднує не дві, як у випадку лінійної апроксимації, а три точки $(x_i; y_i)$, $(x_{i+1}; y_{i+1})$, $(x_{i+2}; y_{i+2})$. У роботі [11] наведено вид функції $g(x) = ax^2 + bx + c$, яка проходить

через точки $(x_i; y_i)$, $(x_{i+1}; y_{i+1})$, $(x_{i+2}; y_{i+2})$. Така функція представляється наступним чином:

$$g(x) = \frac{(x-x_{i+1})(x-x_{i+2})}{(x_i-x_{i+1})(x_i-x_{i+2})}y_i + \frac{(x-x_i)(x-x_{i+2})}{(x_{i+1}-x_i)(x_{i+1}-x_{i+2})}y_{i+1} + \frac{(x-x_i)(x-x_{i+1})}{(x_{i+2}-x_i)(x_{i+2}-x_{i+1})}y_{i+2}. \quad (6)$$

Оскільки функція (6) на різних сегментах матиме різні значення коефіцієнтів a, b, c , то для встановлення відповідності функції окремим сегментам позначатимемо її як функцію $g_i(x)$ для сегменту з точок $(x_i; y_i)$, $(x_{i+1}; y_{i+1})$, $(x_{i+2}; y_{i+2})$. Тобто встановлюватимемо відповідність функції першій точці сегмента.

При використанні інтерполяційного поліному Лагранжа в якості лінії, що проходить через всі точки множини M_1 , розглядається поліном $(n-1)$ -го степеня [11]

$$L_{n-1}(x) = \sum_{i=1}^n \left[\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \left(\frac{x-x_j}{x_i-x_j} \right) \right] y_i. \quad (7)$$

Слід зауважити, що у цьому випадку лінія для всієї множини M_1 є такою, що визначається однією функціональною залежністю, а не “зшивається” з окремих частин на окремих сегментах.

У випадку використання інтерполяційного поліному Ньютона в якості лінії, що проходить через всі точки множини M_1 , розглядається поліном $(n-1)$ -го степеня [11]

$$H_{n-1}(x) = f(x_1) + (x-x_1)f(x_1; x_2) + (x-x_1)(x-x_2)f(x_1; x_2; x_3) + \dots + (x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_{n-1})f(x_1; x_2; \dots; x_n). \quad (8)$$

У виразі (8) $f(x_1) = y_1$,

розділені різниці 1-го порядку

$$f(x_1; x_2) = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}, \dots, f(x_{n-1}; x_n) = \frac{f(x_n) - f(x_{n-1})}{x_n - x_{n-1}}, \quad (9)$$

розділені різниці 2-го порядку

$$f(x_1; x_2; x_3) = \frac{f(x_2; x_3) - f(x_1; x_2)}{x_3 - x_1}, \dots, f(x_{n-2}; x_{n-1}; x_n) = \frac{f(x_{n-1}; x_n) - f(x_{n-2}; x_{n-1})}{x_n - x_{n-2}}, \quad (10)$$

розділена різниця $(n-1)$ -го порядку

$$f(x_1; x_2; \dots; x_n) = \frac{f(x_2; \dots; x_n) - f(x_1; x_2; \dots; x_{n-1})}{x_n - x_1}. \quad (11)$$

Як і у випадку інтерполяційного поліному Лагранжа, у цьому випадку лінія для всієї множини M_1 є такою, що визначається однією функціональною залежністю, а не “зшивається” з окремих частин на окремих сегментах.

Інтерполяція за допомогою поліномів Лагранжа або Ньютона з використанням великої кількості вузлів часто призводить до поганого наближення, що пояснюється накопиченням великої похибки в процесі обчислень. З іншого боку, лінійна і кусково-квадратична інтерполяція не дозволяють досягти гарного наближення, зважаючи на їх теоретичну неточність. Одним із способів досягти гарного наближення в прикладних задачах є інтерполяція за допомогою сплайн-функцій.

При використанні сплайн-інтерполяції в якості лінії, що поєднує точки окремого сегменту $(x_i; x_{i+1})$, де $i = \overline{1, n-1}$, розглядається функція [11]

$$S_i(x) = y_i + c_{1,i}(x - x_i) + c_{2,i}(x - x_i)^2 + c_{3,i}(x - x_i)^3, \quad (12)$$

у якій коефіцієнти $c_{1,i}, c_{2,i}, c_{3,i}$ знаходяться з наступних систем рівнянь

$$\begin{cases} y_i + c_{1,i}(x_{i+1} - x_i) + c_{2,i}(x_{i+1} - x_i)^2 + c_{3,i}(x_{i+1} - x_i)^3 = y_{i+1}, & i = \overline{1, n-1}, \\ c_{1,i} + 2c_{2,i}(x_{i+1} - x_i) + 3c_{3,i}(x_{i+1} - x_i)^2 = c_{1,i+1}, & i = \overline{1, n-2}, \\ 2c_{2,i} + 6c_{3,i}(x_{i+1} - x_i) = 2c_{2,i+1}, & i = \overline{1, n-2}, \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} 2c_{2,1} = 0, \\ 2c_{2,n-1} + 6c_{3,n-1}(x_n - x_{n-1}) = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Наведений опис підходів до вирішення досліджуваної задачі при застосуванні різних видів апроксимації дозволяє безпосередньо підійти до розрахунку метрик $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$.

Розрахунок метрик для встановлення ступеня подібності маршрутів суден.

Розрахунок метрик $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$ передбачає насамперед встановлення величин $R_{\min j}$ та $R_{\min i}$. Для цього слід реалізувати наступні процедури.

1. Слід сформуванати таблицю початкових умов щодо місцезаходження досліджуваних суден.

Таблиця 1

Початкові умови щодо місцезаходження суден в СВНО

Координати місцезаходження 1-го судна $(x_i; y_i), i = \overline{1, k_1}$ в СВНО		Координати місцезаходження 2-го судна $(x_j; y_j), j = \overline{1, k_2}$ в СВНО	
x_1	y_1	x_1	y_1
x_2	y_2	x_2	y_2
x_3	y_3	x_3	y_3
...
x_i	y_i	x_j	y_j
x_{i+1}	y_{i+1}	x_{j+1}	y_{j+1}
x_{i+2}	y_{i+2}	x_{j+2}	y_{j+2}
...
x_{k_1-2}	y_{k_1-2}	x_{k_2-2}	y_{k_2-2}
x_{k_1-1}	y_{k_1-1}	x_{k_2-1}	y_{k_2-1}
x_{k_1}	y_{k_1}	x_{k_2}	y_{k_2}

2. Для розрахунку метрики $R(M_1, M_2)$ слід встановити відповідність кожної точки місцезаходження 2-го судна $(x_j; y_j), j = \overline{1, k_2}$ в СВНО окремим інтервалам $(x_i; x_{i+1}), i = \overline{1, k_1 - 1}$, апроксимаційної лінії. Тобто слід встановити ті ділянки апроксимаційної лінії маршруту 1-го судна, до яких буде відшукуватись найкоротша відстань від точки $(x_j; y_j)$.

Для більшості маршрутів руху суден можна вважати, що якщо $y_j \in [y_i; y_{i+1}]$, то j -та точка 2-го судна належить i -му інтервалу 1-го судна (див. рис. 4).

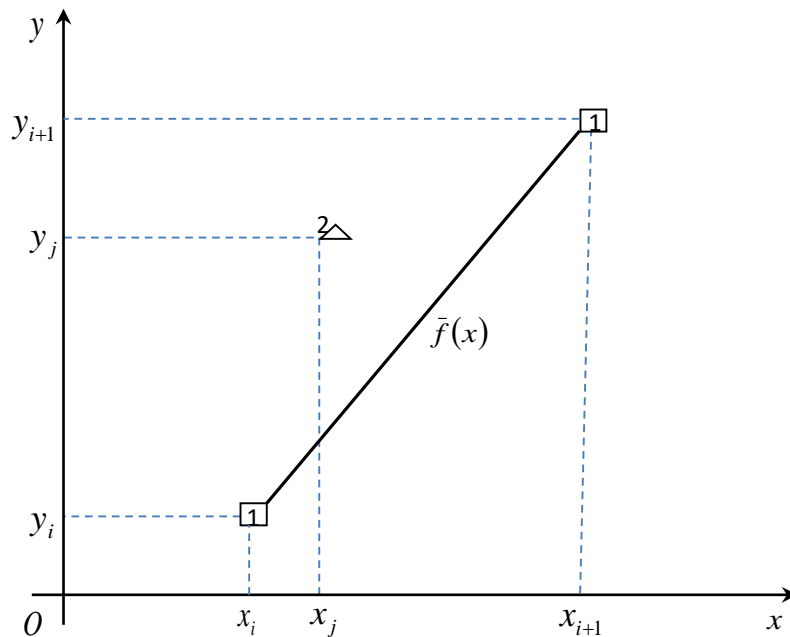


Рисунок 4 – Щодо типової відповідності точки положення 2-го судна певному інтервалу маршруту руху 1-го судна

Однак, у загальному випадку слід враховувати, що якщо $y_j \in [y_i; y_{i+1}]$, то j -та точка 2-го судна може належати як i -му інтервалу 1-го судна, так і $(i-1)$ -му (див. рис. 5), або $(i+1)$ -му інтервалу 1-го судна (див. рис. 6).

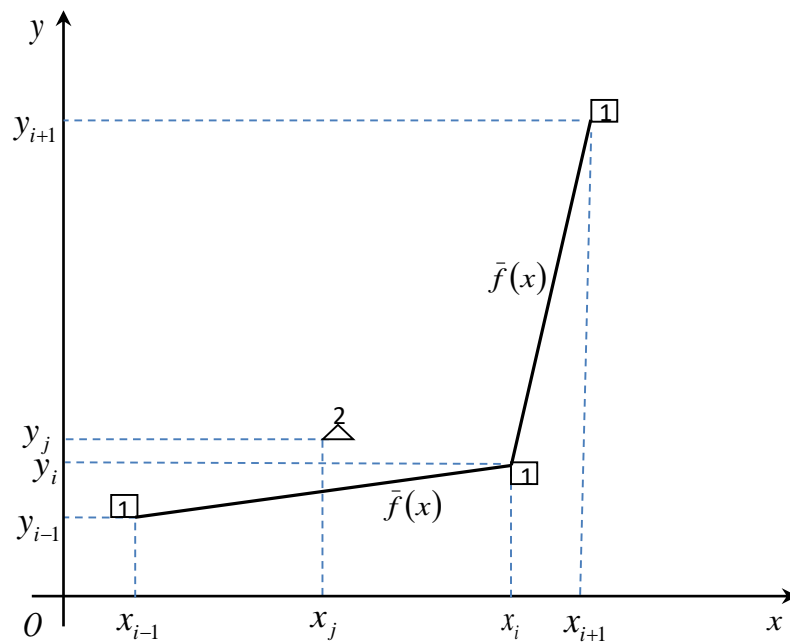


Рисунок 5 – Щодо нетипової відповідності точки положення 2-го судна певному інтервалу маршруту руху 1-го судна

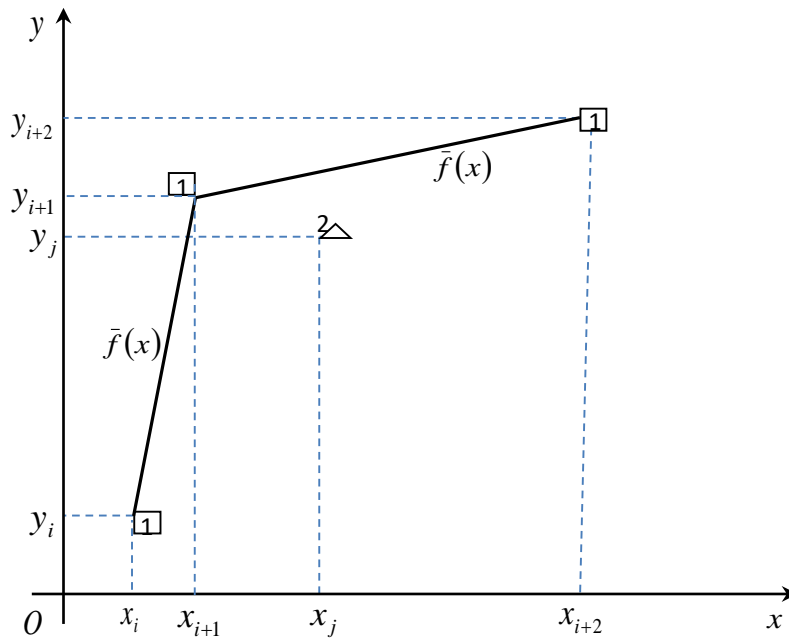


Рисунок 6 – Щодо нетипової відповідності точки положення 2-го судна певному інтервалу маршруту руху 1-го судна

Аналогічно, для розрахунку метрики $R(M_2, M_1)$ слід встановити відповідність кожної точки місцезнаходження 1-го судна $(x_i; y_i)$, $i = \overline{1, k_1}$ в СВНО окремим інтервалам $(x_j; x_{j+1})$, $j = \overline{1, k_2 - 1}$, апроксимаційної лінії. Тобто слід встановити ті ділянки апроксимаційної лінії маршруту 2-го судна, до яких буде відшукуватись найкоротша відстань від точки $(x_i; y_i)$.

Для більшості маршрутів руху суден можна вважати, що якщо $y_i \in [y_j; y_{j+1}]$, то i -та точка 1-го судна належить j -му інтервалу 2-го судна.

Однак, у загальному випадку слід враховувати, що якщо $y_i \in [y_j; y_{j+1}]$, то i -та точка 1-го судна може належати як j -му інтервалу 2-го судна, так і $(j-1)$ -му, або $(j+1)$ -му інтервалу 1-го судна.

3. При розрахунку метрики $R(M_1, M_2)$ для кожної точки місцезнаходження 2-го судна $(x_j; y_j)$, $j = \overline{1, k_2}$ в СВНО слід здійснити розрахунок величини $R_{\min j}$.

При цьому, слід врахувати, що величина $R_{\min j}$ - це найкоротша відстань від точки $(x_j; y_j)$ деякого положення судна 2 до кривої $\bar{f}(x)$, яка є апроксимаційною моделлю дійсної траєкторії руху 1-го судна $f(x)$ на описаному в п. 2 інтервалі маршруту руху судна 1.

Відстань $R_{\min j}$ може знаходитись на перпендикулярі до апроксимаційної лінії $\bar{f}(x)$ (див. рис. 7, 8), або являти собою довжину відрізка від точки $(x_j; y_j)$ до крайньої точки апроксимаційної лінії на досліджуваному інтервалі (див. рис. 9).

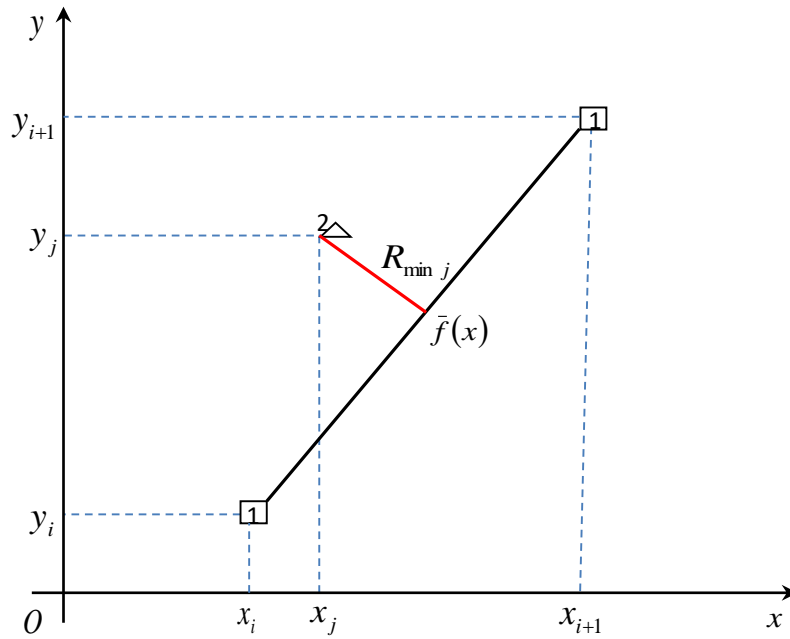


Рисунок 7 – Варіант відшукування величини $R_{\min j}$ при лінійній апроксимації

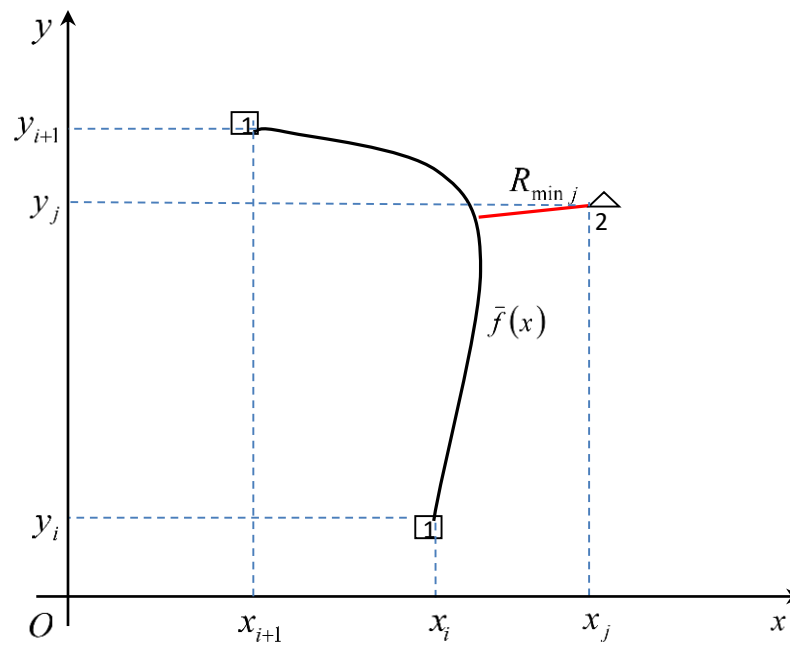


Рисунок 8 – Варіант відшукування величини $R_{\min j}$ при нелінійній апроксимації і у випадку найкоротшої відстані до проміжної точки апроксимаційної лінії на досліджуваному інтервалі

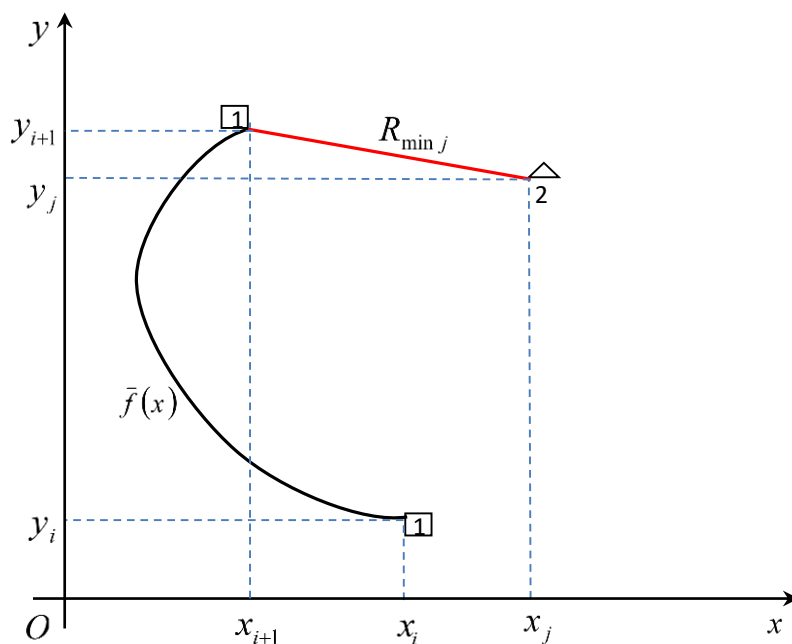


Рисунок 9 – Варіант відшукування величини $R_{\min j}$ при нелінійній апроксимації і у випадку найкоротшої відстані до крайньої точки апроксимаційної лінії на досліджуваному інтервалі

Для встановлення кожного значення $R_{\min j}$ можна поступати по-різному. За наявності обчислювальних засобів можна для описаного в п. 2 інтервалу $[x_i; x_{i+1}]$ задати достатньо малий крок дискретизації Δx_i і знайти довжину кожного відрізка між точками $(x_j; y_j)$ і $(\bar{x}_i; \bar{f}(\bar{x}_i))$, де $\bar{x}_i \in [x_i; x_{i+1}]$. Після цього з масиву отриманих значень знайти мінімальне значення та приписати його величині $R_{\min j}$.

Пошук величини $R_{\min j}$ може здійснюватись і аналітичними методами. Наприклад, на основі побудови у кожній точці $(\bar{x}_i; \bar{f}(\bar{x}_i))$, де $\bar{x}_i \in [x_i; x_{i+1}]$, дотичної до кривої $\bar{f}(x)$. Подальшого визначення відстані від точки $(x_j; y_j)$ до сформованої дотичної і до точки $(\bar{x}_i; \bar{f}(\bar{x}_i))$, та встановлення такої точки $(\bar{x}_i; \bar{f}(\bar{x}_i))$, в якій ці значення співпадатимуть. У разі співпадання отриманих значень знайдені величини визначатимуть величину $R_{\min j}$.

У результаті реалізації кроку 3 отримуються наступні дані (табл. 2).

Результати відшукування величини $R_{\min j}$

Координати місцезнаходження 2-го судна $(x_j; y_j)$, $j = \overline{1, k_2}$ в СВНО		Величина $R_{\min j}$, що знайдена при застосуванні				
		лінійної апроксимації на основі застосування формули (5)	кусово-квадратичної апроксимації на основі застосування формули (6)	інтерполяційного поліному Лагранжа на основі застосування формули (7)	інтерполяційного поліному Ньютона на основі застосування формул (8)-(11)	сплайн-інтерполяції на основі застосування формул (12)-(14)
x_1	y_1	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$
x_2	y_2	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$
x_3	y_3	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$
...
x_j	y_j	$R_{\min j}$	$R_{\min j}$	$R_{\min j}$	$R_{\min j}$	$R_{\min j}$
x_{j+1}	y_{j+1}	$R_{\min j+1}$	$R_{\min j+1}$	$R_{\min j+1}$	$R_{\min j+1}$	$R_{\min j+1}$
x_{j+2}	y_{j+2}	$R_{\min j+2}$	$R_{\min j+2}$	$R_{\min j+2}$	$R_{\min j+2}$	$R_{\min j+2}$
...
x_{k_2-2}	y_{k_2-2}	$R_{\min k_2-2}$	$R_{\min k_2-2}$	$R_{\min k_2-2}$	$R_{\min k_2-2}$	$R_{\min k_2-2}$
x_{k_2-1}	y_{k_2-1}	$R_{\min k_2-1}$	$R_{\min k_2-1}$	$R_{\min k_2-1}$	$R_{\min k_2-1}$	$R_{\min k_2-1}$
x_{k_2}	y_{k_2}	$R_{\min k_2}$	$R_{\min k_2}$	$R_{\min k_2}$	$R_{\min k_2}$	$R_{\min k_2}$
Примітка:	Значення величин $R_{\min j}$ у кожному рядку в загальному випадку різні					
	Значення метрики $R(M_1, M_2)$ при застосуванні відповідного виду апроксимації, що знаходяться на основі застосування формули (2)					
	$R(M_1, M_2)$	$R(M_1, M_2)$	$R(M_1, M_2)$	$R(M_1, M_2)$	$R(M_1, M_2)$	$R(M_1, M_2)$
Примітка:	Значення величин $R(M_1, M_2)$ у стовпцях у загальному випадку різні					

На основі знання значень усіх величин $R_{\min j}$, що наведені в табл. 2, далі за формулою (2) можна здійснити розрахунок значень величини $R(M_1, M_2)$.

Аналогічно наведеному вище, при розрахунку метрики $R(M_2, M_1)$ для кожної точки місцезнаходження 1-го судна $(x_i; y_i)$, $i = \overline{1, k_1}$ в СВНО слід здійснити розрахунок величини $R_{\min i}$. При цьому, слід врахувати, що величина $R_{\min i}$ - це найкоротша відстань від точки $(x_i; y_i)$ деякого положення судна 1 до кривої $\tilde{f}(x)$, яка є апроксимаційною моделлю дійсної траєкторії руху 2-го судна $f(x)$ на описаному в п. 2 інтервалі маршруту руху судна 2. Як і в попередньому випадку, відстань $R_{\min i}$ може знаходитись на перпендикулярі до апроксимаційної лінії $\tilde{f}(x)$, або являти собою довжину відрізка від точки $(x_i; y_i)$ до крайньої точки апроксимаційної лінії на досліджуваному інтервалі.

Для встановлення кожного значення $R_{\min i}$ можна застосовувати один із підходів, що

описані для випадку відшукування метрики $R(M_1, M_2)$.

У результаті реалізації кроку 3 при відшуванні метрики $R(M_2, M_1)$ отримуються наступні дані (табл. 3).

Таблиця 3

Результати відшукування величини $R_{\min i}$

Координати місцезнаходження 1-го судна $(x_i; y_i), i = \overline{1, k_1}$ в СВНО		Величина $R_{\min i}$, що знайдена при застосуванні				
		лінійної апроксимації на основі застосування формули (5)	кусково-квадратичної апроксимації на основі застосування формули (6)	інтерполяційного поліному Лагранжа на основі застосування формули (7)	інтерполяційного поліному Ньютона на основі застосування формул (8)-(11)	сплайн-інтерполяції на основі застосування формул (12)-(14)
x_1	y_1	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$	$R_{\min 1}$
x_2	y_2	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$	$R_{\min 2}$
x_3	y_3	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$	$R_{\min 3}$
...
x_i	y_i	$R_{\min i}$	$R_{\min i}$	$R_{\min i}$	$R_{\min i}$	$R_{\min i}$
x_{i+1}	y_{i+1}	$R_{\min i+1}$	$R_{\min i+1}$	$R_{\min i+1}$	$R_{\min i+1}$	$R_{\min i+1}$
x_{i+2}	y_{i+2}	$R_{\min i+2}$	$R_{\min i+2}$	$R_{\min i+2}$	$R_{\min i+2}$	$R_{\min i+2}$
...
x_{k_1-2}	y_{k_1-2}	$R_{\min k_1-2}$	$R_{\min k_1-2}$	$R_{\min k_1-2}$	$R_{\min k_1-2}$	$R_{\min k_1-2}$
x_{k_1-1}	y_{k_1-1}	$R_{\min k_1-1}$	$R_{\min k_1-1}$	$R_{\min k_1-1}$	$R_{\min k_1-1}$	$R_{\min k_1-1}$
x_{k_1}	y_{k_1}	$R_{\min k_1}$	$R_{\min k_1}$	$R_{\min k_1}$	$R_{\min k_1}$	$R_{\min k_1}$
Примітка:	Значення величин $R_{\min i}$ у кожному рядку в загальному випадку різні					
	Значення метрики $R(M_2, M_1)$ при застосуванні відповідного виду апроксимації, що знаходяться на основі застосування формули (3)					
	$R(M_2, M_1)$	$R(M_2, M_1)$	$R(M_2, M_1)$	$R(M_2, M_1)$	$R(M_2, M_1)$	$R(M_2, M_1)$
Примітка:	Значення величин $R(M_2, M_1)$ у стовпцях у загальному випадку різні					

На основі знання значень усіх величин $R_{\min i}$, що наведені в табл. 3, далі за формулою (3) можна здійснити розрахунок значень величини $R(M_2, M_1)$.

Перевірка гіпотези про доцільність застосування в СВНО лінійної апроксимації.

З метою перевірки гіпотези про доцільність застосування в СВНО лінійної апроксимації достатньо провести розрахунки значень величин $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$ для різних варіантів застосування апроксимаційних методів і на основі цього здійснити порівняння отриманих результатів та зробити висновки про коректність робочої гіпотези.

Для реалізації такої ідеї авторами було розроблено відповідне програмне забезпечення, яке дозволяє реалізовувати всі етапи запропонованого у даній роботі підходу. Середовищем його розробки було обрано Microsoft Visual Studio 2017, як одне з найпотужніших середовищ розробки для мови С# [15-17]. Застосування вибраної мови програмування С# дозволило реалізувати завдання, що описане вище. Фрагмент такої реалізації, що стосується наведеного алгоритму, наведений нижче.

```

class Spline
{
    public void BuildSpline(double[] x, double[] y, int n)
    {
        splines = new SplineTuple[n];
        for (int i = 0; i < n; ++i)
        {
            splines[i].x = x[i];
            splines[i].a = y[i];
        }
        splines[0].c = splines[n - 1].c = 0.0;

        double[] alpha = new double[n - 1];
        double[] beta = new double[n - 1];
        alpha[0] = beta[0] = 0.0;
        for (int i = 1; i < n - 1; ++i)
        {
            double hi = x[i] - x[i - 1];
            double hi1 = x[i + 1] - x[i];
            double A = hi;
            double C = 2.0 * (hi + hi1);
            double B = hi1;
            double F = 6.0 * ((y[i + 1] - y[i]) / hi1 - (y[i] - y[i - 1]) / hi);
            double z = (A * alpha[i - 1] + C);
            alpha[i] = -B / z;
            beta[i] = (F - A * beta[i - 1]) / z;
        }

        for (int i = n - 2; i > 0; --i)
        {
            splines[i].c = alpha[i] * splines[i + 1].c + beta[i];
        }

        for (int i = n - 1; i > 0; --i)
        {
            double hi = x[i] - x[i - 1];
            splines[i].d = (splines[i].c - splines[i - 1].c) / hi;
            splines[i].b = hi * (2.0 * splines[i].c + splines[i - 1].c) / 6.0 + (y[i] -
y[i - 1]) / hi;
        }
    }

    public double Interpolate(double x)
    {
        if (splines == null)
        {
            return double.NaN;
        }

        int n = splines.Length;
        SplineTuple s;

        if (x <= splines[0].x)
        {
            s = splines[0];
        }
        else if (x >= splines[n - 1].x)
        {
            s = splines[n - 1];
        }
        else
        {
            int i = 0;

```

```

int j = n - 1;
while (i + 1 < j)
{
    int k = i + (j - i) / 2;
    if (x <= splines[k].x)
    {
        j = k;
    }
    else
    {
        i = k;
    }
}
s = splines[j];}

double dx = x - s.x;

return s.a + (s.b + (s.c / 2.0 + s.d * dx / 6.0) * dx) * dx;
}}

```

Результати роботи додатку, що опрацьований авторами та відповідає наведеному у роботі підходу, можуть бути оцінені з рис. 10-14.

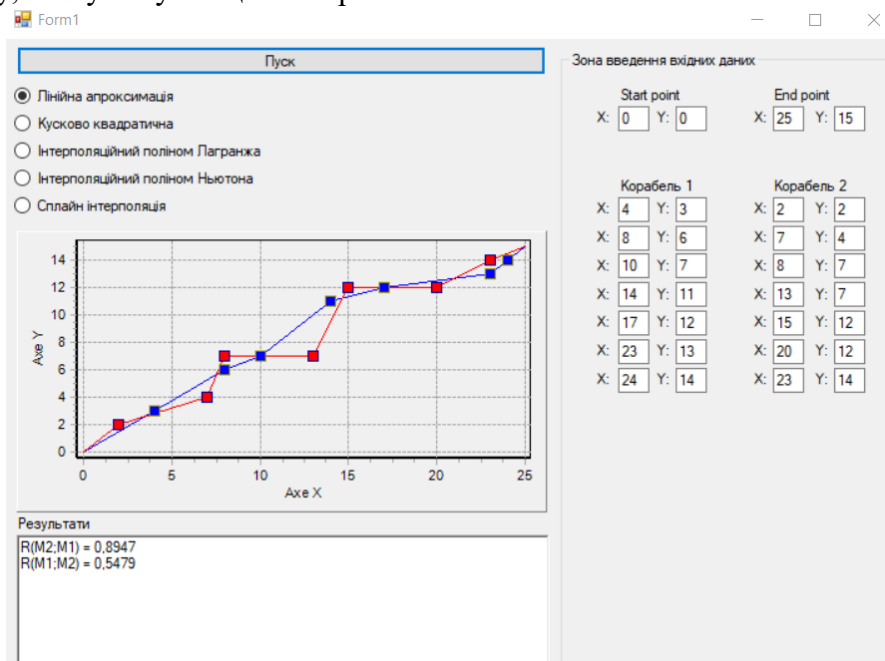


Рисунок 10 – Вікно результатів розрахунків значень величин $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$ у випадку лінійної апроксимації на основі застосування формули (5)

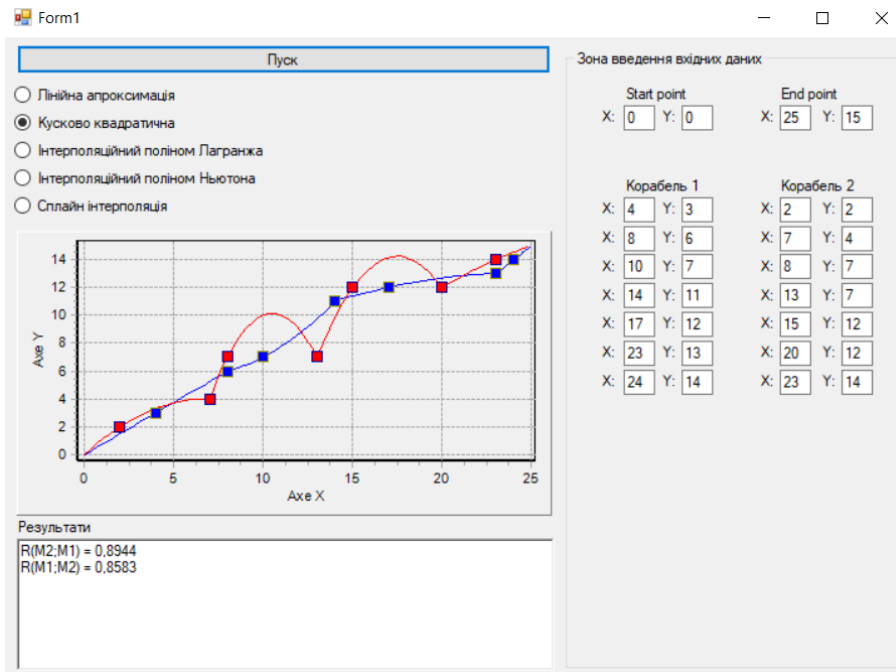


Рисунок 11 – Вікно результатів розрахунків значень величин $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$ у випадку кусово-квадратичної апроксимації на основі застосування формули (6)

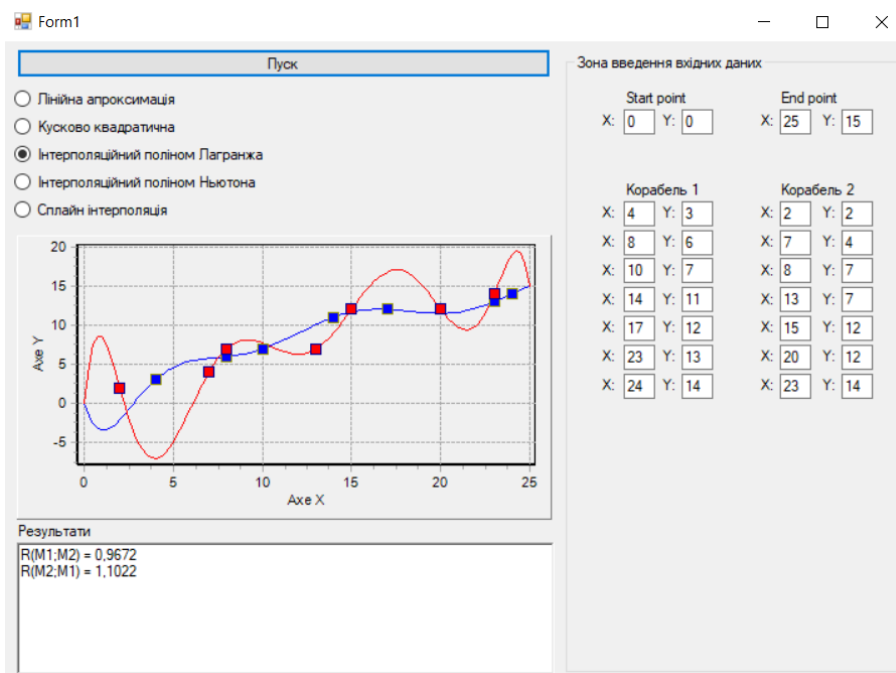


Рисунок 12 – Вікно результатів розрахунків значень величин $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$ у випадку апроксимації за допомогою інтерполяційного поліному Лагранжа на основі застосування формули (7)

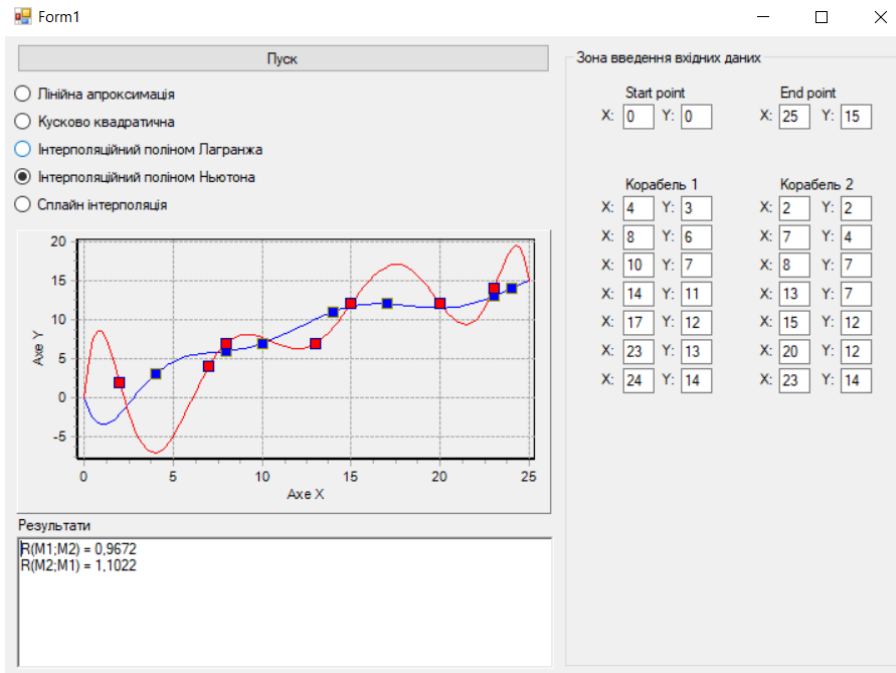


Рисунок 13 – Вікно результатів розрахунків значень величин $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$ у випадку апроксимації за допомогою інтерполяційного поліному Ньютона на основі застосування формул (8)-(11)

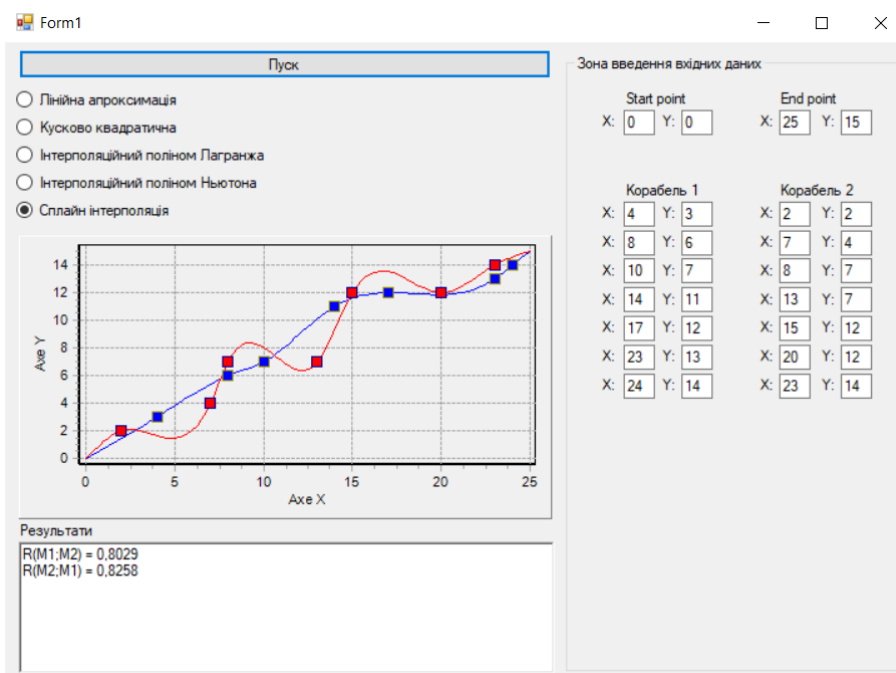


Рисунок 14 – Вікно результатів розрахунків значень величин $R(M_1, M_2)$ і $R(M_2, M_1)$ у випадку апроксимації за допомогою сплайн-інтерполяції на основі застосування формул (12)-(14)

Зведені дані розрахунку досліджуваних метрик для одного з варіантів початкових умов щодо маршрутів руху суден 1, 2 представлені в табл. 4, 5.

Таблиця 4

Результати відшукування величини $R_{\min j}$

Координати місцезнаходження 2-го судна $(x_j; y_j), j = \overline{1, k_2}$ в СВНО		Величина $R_{\min j}$, що знайдена при застосуванні				
		лінійної апроксимації на основі застосування формули (5)	кусково-квадратичної апроксимації на основі застосування формули (6)	інтерполяційного поліному Лагранжа на основі застосування формули (7)	інтерполяційного поліному Ньютона на основі застосування формул (8)-(11)	сплайн-інтерполяції на основі застосування формул (12)-(14)
0	0					
2	2	0,2	0,28	2,11	2,11	1,28
7	4	1,3	0,41	0,4	0,4	0,34
8	7	0	1,84	0,51	0,51	0,74
13	7	0,56	0,45	0,64	0,64	0,55
15	12	0,63	1,69	1,9	1,9	1,4
20	12	0,7	0,87	0,2	0,2	0,78
23	14	0,45	0,48	1	1	0,53
25	15					
		Значення метрики $R(M_1, M_2)$ при застосуванні відповідного виду апроксимації, що знаходяться на основі застосування формули (2)				
		0,5479	0,8583	0,9672	0,9672	0,8029

Таблиця 5

Результати відшукування величини $R_{\min i}$

Координати місцезнаходження 1-го судна $(x_i; y_i), i = \overline{1, k_1}$ в СВНО		Величина $R_{\min i}$, що знайдена при застосуванні				
		лінійної апроксимації на основі застосування формули (5)	кусково-квадратичної апроксимації на основі застосування ф-ли б	інтерполяційного поліному Лагранжа на основі застосування формули (7)	інтерполяційного поліному Ньютона на основі застосування формул (8)-(11)	сплайн-інтерполяції на основі застосування формул (12)-(14)
0	0					
4	3	0,4	0,4	1,44	1,44	0,45
8	6	1	1	1,71	1,71	1,13
10	7	0,9	1	0,96	0,96	0,91
14	11	2,13	1,9	2,07	2,07	2,06
17	12	0,63	0,6	0,31	0,31	0,37
23	13	0,5	0,66	0,5	0,5	0,15
24	14	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
25	15					
		Значення метрики $R(M_2, M_1)$ при застосуванні відповідного виду апроксимації, що знаходяться на основі застосування формули (3)				
		0,8947	0,8944	1,1022	1,1022	0,8258

Висновки й перспективи подальших досліджень.

Порівняння даних, що наведені в табл. 4, 5, дозволяють зробити наступні висновки:

1. Як при розрахунку значень метрики $R(M_1, M_2)$, так і при розрахунку значень метрики $R(M_2, M_1)$, результат суттєво залежить від обраного методу апроксимації маршруту руху суден.

2. Висновок 1 дозволяє підтвердити необґрунтованість застосування лінійної апроксимації при прогнозуванні маршруту руху суден.

3. Достовірність висновків, що отримані за допомогою методу кластеризації маршрутів суден, як процедурного модуля автоматизованої системи обробки даних в системі висвітлення надводної обстановки, щодо ступеня подібності маршрутів є сумнівною.

4. Потребує подальшого дослідження питання впливу різних методів апроксимації маршрутів руху суден на величину кластера маршрутів.

За результатами проведеного дослідження можна зробити висновок про те, що запропонований підхід щодо перевірки гіпотези про доцільність застосування лінійної апроксимації у задачі побудови кластерів маршруту руху суден виявився ефективним.

Перспективами подальших досліджень авторам вбачається перевірка залежності величини кластера маршрутів руху суден від методу апроксимації, який застосовується для прогнозування виду їх маршрутів, а також удосконалення методу кластеризації маршрутів суден, як процедурного модуля автоматизованої системи обробки даних в системі висвітлення надводної обстановки, на основі вибору доцільного методу апроксимації при розрахунку метрики для встановлення ступеня подібності маршрутів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Боровик О. В., Боровик Д. О., Костельна Т. В. Щодо необхідності удосконалення методу кластеризації маршрутів суден, як процедурного модуля автоматизованої системи обробки даних в системі висвітлення надводної обстановки // *Computer Systems and Information Technology* № 2 (2), 2020. – Хмельницький: РВЦ ХНУ, 2020. – С. 37-46.

2. Якимець Р. В. Методи кластеризації та їх класифікація // *Міжнародний науковий журнал* № 6, т. 2, 2016. – К.: Вид. КПІ, 2016. - С. 48-50.

3. Путренко В.В. Кластеризація геопросторових даних при інтелектуальному аналізі / В.В. Путренко, І.Г. Красовська // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2015. – №3 (73). – С. 45-52.

4. L. Kaufman and P. J. Rousseeuw. *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. John Wiley & Sons, 199.

5. A novel clustering algorithm for Mobile Ad Hoc Networks based on determination of virtual links weighted to increase network stability / Abbas Karimi, Abbas Afsharfania, Faraneh Zarafshan and S.A.R. Al-Haddad // *The Scientific World Journal*. – 2014. – Vol. 2014, Article ID 432952, 11 p. DOI: 10.1155/2014/432952.

6. Agarwal R. Review of weighted clustering algorithms for mobile ad-hoc networks / R. Agarwal, R. Gupta, M. Motwani // *Computer Science and Telecommunications*. – 2012. – Vol. 33, № 1. – P. 71-78.

7. Boychenko O. Multicriterion estimation of efficiency of mobile network clustering / O. Boychenko, V. Vorotnikov, Yu. Kulakov // *The Advanced Science Journal*. – 2015. – № 1. – P. 61-67. DOI: 10.15550/ASJ.2015.01.061.

8. Arguedas V. F., Pallotta G., Vespe M. Maritime Traffic Networks: From Historical Positioning Data to Unsupervised Maritime Traffic Monitoring. - *Transactions on intelligent transportation systems*, Vol. 19, № 3, March 2018. - P. 722-732.

9. Pan Sheng, Jingbo Yin Extracting Shipping Route Patterns by Trajectory Clustering Model Based on Automatic Identification System Data. - *Sustainability* 2018, 10.

10. Боровик О. В., Рачок Р. В., Мазур В. Ю. Методика виявлення просторових аномалій руху суден та її використання при оцінюванні ризиків у системі морської охорони «Гарт-12» // *Наука і оборона*. – 2018. - № 2. С. 65-69.

11. Чисельні методи: навчальний посібник / В.М.Задачин, І.Г. Конюшенко. –Х.: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. –180с.

12. Числові методи: навчальний посібник / С. М. Москвіна - Вінниця: ВНТУ, 2013. 326 с.

13. Методи статичної оптимізації. Навч. посіб. / Мовчан А.П., Степанець О.В. - К.: НТУУ «КПІ»,

2012. - 138 с.

14. Алгоритм аппроксимации функций с использованием метода Дж. Зойтендейка / О.О. Кряжич // Математичне моделювання в економіці. - 2016. - № 1(5). - С. 19-29.

15. Rambo J., Blaha M. UML 2.0 Object-Oriented Modeling and Development / J. Rambo, M. Blaha; - 2nd ed. - St. Petersburg: Piter, 2007. - 544 p.

16. McDonald, Matthew. WPF 4: Windows Presentation Foundation in NET 4.0 with examples for C# 2010 for professionals: - M.: LLC "I.D. William", 2011. - 1024 p.

17. Johnson Bruse Professional Visual Studio 2013/Bruse Johnson - Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc., 2014 - 1048 p.

REFERENCES:

1. Borovyk, O.V., Borovyk, D.O. and Kostelna, T.V. (2020), "Shchodo neobkhidnosti udoskonalennia metodu klasteryzatsii marshrutiv suden, yak protsedurnoho modulia avtomatyzovanoi systemy obrobky danykh v systemi vysvitlennia nadvodnoi obstanovky" [Computer Systems and Information Technology № 2 (2)], RVTs KhNU, Khmelnytskyi, pp. 37-46.

2. Iakymets, R.V. (2016), "Metody klasteryzatsii ta yikh klasyfikatsiia" [Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal № 6, t. 2], Vyd. KPI, Kiev, pp. 48-50.

3. Putrenko, V.V. and Krasovska, I.H. (2015), "Klasteryzatsiia heoprosorovykh danykh pry intelektualnomu analizi" [Radioelektronni i kompiuterni systemy №3 (73)], pp. 45-52.

4. L. Kaufman and P. J. Rousseeuw. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. John Wiley & Sons, 199.

5. A novel clustering algorithm for Mobile Ad Hoc Networks based on determination of virtual links weighted to increase network stability / Abbas Karimi, Abbas Afsharfania, Faraneh Zarafshan and S.A.R. Al-Haddad // The Scientific World Journal. - 2014. - Vol. 2014, Article ID 432952, 11 p. DOI: 10.1155/2014/432952.

6. Agarwal R. Review of weighted clustering algorithms for mobile ad-hoc networks / R. Agarwal, R. Gupta, M. Motwani // Computer Science and Telecommunications. - 2012. - Vol. 33, № 1. - P. 71-78.

7. Boychenko O. Multicriterion estimation of efficiency of mobile network clustering / O. Boychenko, V. Vorotnikov, Yu. Kulakov // The Advanced Science Journal. - 2015. - № 1. - P. 61-67. DOI: 10.15550/ASJ.2015.01.061.

8. Arguedas V. F., Pallotta G., Vespe M. Maritime Traffic Networks: From Historical Positioning Data to Unsupervised Maritime Traffic Monitoring. - Transactions on intelligent transportation systems, Vol. 19, № 3, March 2018. - P. 722-732.

9. Pan Sheng, Jingbo Yin Extracting Shipping Route Patterns by Trajectory Clustering Model Based on Automatic Identification System Data. - Sustainability 2018, 10.

10. Borovyk, O.V., Rachok, R.V. and Mazur, V. Yu. (2018), "Metodyka vyivlennia prostorovykh anomalii rukhu suden ta yii vykorystannia pry otsiniuvanni ryzykiv u systemi morskoi okhorony «Hart-12»" [Nauka i oborona. № 2], pp. 65-69.

11. Zadachyn, V.M. and Koniushenko, I.H. (2014), "Chyselni metody", [Vyd. KhNEU im. S. Kuznetsia], Kharkiv, 180 p.

12. Moskvina, S. M. (2013), "Chyslovi metody", [VNTU], Vinnytsia, 326 p.

13. Movchan, A.P. and Stepanets, O.V. (2012), "Metody statychnoi optymizatsii", [NTUU «KPI»], Kiev, 138 p.

14. Kriazhych, O.O. (2016), "Alhorytm aproksymatsii funktsii z vykorystanniam metodu Dzh. Zoitendeika", [Matematychnе modeliuвання v ekonomitsi. № 1(5)], pp. 19-29.

15. Rambo J., Blaha M. UML 2.0 Object-Oriented Modeling and Development / J. Rambo, M. Blaha; - 2nd ed. - St. Petersburg: Piter, 2007. - 544 p.

16. McDonald, Matthew. WPF 4: Windows Presentation Foundation in NET 4.0 with examples for C# 2010 for professionals: - M.: LLC "I.D. William", 2011. - 1024 p.

17. Johnson Bruse Professional Visual Studio 2013/Bruse Johnson - Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc., 2014 - 1048 p.

Doctor of Technical Sciences, Professor Borovyk Oleh, Borovyk Dmytro
PECULIARITIES OF SETTING THE VALUE OF THE METRIC APPLICABLE TO IDENTIFY
THE SIMILARITY OF VESSEL ROUTES IN THE LIGHTING SYSTEM

The information component of the modern model of border protection in the maritime area is implemented using the integrated information and telecommunication system of the Marine Guard "Gart-12". The use of this system allows to obtain information about the current position of ships, port of departure and port of destination, type of cargo and other additional data. When choosing a vessel in the surface lighting system, it is possible to view the previous points of its route, obtained at certain discrete moments of time. The latter is necessary to establish possible signs of violation of the rules of the border regime by violators of border legislation. In this case, the visualization of the route is carried out using a linear approximation, and a possible violation of the rules of the border regime is established by comparing the route of an individual vessel and a cluster of routes connecting the departure and destination of the vessel. However, the use of linear approximation in the formation of a continuous approximation route of the vessel is questionable and unconfirmed. The influence of the type of approximation in the construction of a continuous route of the vessel through a set of discrete points of the vessel's location at fixed moments of time on the value of the metric used to establish the similarity of the route of two different vessels is investigated. The study involved: the formalization of the studied problem; analysis of the possibility of using linear, piecewise-square approximation, approximation using Lagrange interpolation polynomial and Newton's interpolation polynomial, as well as spline interpolation for its solution; calculation of metrics to establish the degree of similarity of ship routes; testing the hypothesis about the feasibility of applying a linear approximation based on a comparison of the results using different approximation methods. Software-algorithmic implementation of the solution of the researched problem, carried out by the authors, allows to automate the process of hypothesis testing and is the basis for further study of the influence of the type of approximation on the shape of the ship route cluster.

Keywords: metrics, approximation, surface lighting system, similarity of routes, clustering.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОШУКУ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВАРТОСТІ ПРОВЕДЕННЯ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Експериментальні методи дослідження все більше застосовують у промисловості при оптимізації виробничих процесів. Експерименти, як правило, є багатофакторними і пов'язані з оптимізацією якості матеріалів, пошуком оптимальних умов проведення технологічних процесів, розробкою найбільш раціональних конструкцій устаткування і т.д. Застосування планування експерименту робить поведінку експериментатора цілеспрямованою і організованою, істотно сприяє підвищенню продуктивності праці та надійності отриманих результатів. Важливою перевагою є його універсальність, придатність в величезній більшості областей досліджень.

При реалізації промислового експерименту головним завданням є отримання максимального об'єму корисної інформації про вплив окремих факторів виробничого процесу за умови проведення мінімальної кількості дорогих спостережень за найкоротший проміжок часу. Тому важливого значення набуває підвищення ефективності експериментальних досліджень при мінімальних часових та вартісних витратах. Для цього доцільно розробляти системи автоматизації експериментів, які дозволять скоротити терміни проведення експериментальних досліджень і зменшити витрати на них. Об'єкт дослідження: процеси оптимізації планів багатофакторного експерименту за вартісними і часовими витратами. Предмет дослідження: метод оптимізації, розроблений на основі алгоритму гравітаційного пошуку, який полягає у порівнянні сили тяжіння (вартості) першого рядка матриці планування експерименту до наступних рядків матриці.

При дослідженні фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень було проаналізовано працездатність та ефективність методу гравітаційного пошуку у порівнянні з раніше розробленими методами: аналіз перестановок рядків, рою частинок, табу-пошуку. Показано зменшення вартості проведення плану експерименту та ефективність для рішення задач оптимізації в порівнянні з початковим планом та реалізацією вищевказаних методів.

Ключові слова: гравітаційний пошук, план експерименту, матриця планування, оптимальний план, оптимізація, вартість, порівняльна характеристика, виграш.

Вступ. Експериментальні методи широко використовуються як в науці, так і в промисловості. Основна мета наукового дослідження полягає в тому, щоб показати статистичну значущість ефекту впливу певного фактору на досліджуваний процес. В умовах промислового експерименту основна мета, зазвичай, полягає в отриманні максимальної кількості об'єктивної інформації про вплив досліджуваних факторів на виробничий процес за допомогою найменшого числа дорогих спостережень та за найкоротший проміжок часу. Якісне і оптимальне планування експерименту дозволяє успішно вирішувати наукові, виробничі та технологічні проблеми [1].

Розроблено метод оптимізації багатофакторного експерименту за допомогою гравітаційного пошуку [2]. У методі використовуються аналогії руху твердих тіл внаслідок їх гравітаційної взаємодії [3], його реалізація полягає у перестановці рядків матриці планування експерименту та знаходження мінімального значення вартості перестановки по відношенню до першого рядка матриці.

Працездатність та ефективність методу гравітаційного пошуку доведена на прикладі дослідження фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень [4] та у порівнянні з розробленими раніше: аналіз перестановок рядків, рою частинок та табу – пошуку.

Об'єкт дослідження: процеси оптимізації планів багатофакторного експерименту за вартісними і часовими витратами.

Предмет дослідження: метод побудови матриці планування експерименту, оптимальної за вартістю реалізації або часовими витратами, з використанням алгоритму гравітаційного пошуку [2, 3].

Мета дослідження: розробка методу оптимізації планів багатofакторного експерименту з використанням гравітаційного пошуку [2, 3] та проведення порівняльного аналізу з раніше розробленими методами (аналіз перестановок рядків, рою частинок, табу – пошуку [4, 5, 6]).

Аналіз існуючих публікацій. Проведений аналіз існуючих публікацій свідчить про те, що є багато прикладів побудови планів багатofакторних експериментів [7 - 9]. Такі методи як алгоритм стрибаючих жаб [10], мурашиний алгоритм [11], аналіз перестановок рядків [4], табу – пошуку [5], рою частинок [6] були розроблені раніше, про що свідчить наявність великої кількості матеріалів.

Перелічені методи використовуються для оптимізації матриці планування експерименту за вартісними (часовими) витратами та мають свої переваги та недоліки. Перевагами цих методів є працездатність та ефективність, яка доведена при дослідженні багатьох технологічних процесів, приладів та систем. Серед недоліків можна виділити низьку швидкість (для повного перебору всіх рядків матриці планування необхідно багато часу), наявність не завжди оптимальних рішень та обмежена кількість факторів k .

Тому має сенс дослідити метод гравітаційного пошуку та зробити порівняльний аналіз вищевказаних методів з розробленим на прикладі дослідження фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень [4].

Основні матеріали дослідження. У загальному випадку, задача вибору оптимального плану багатofакторного експерименту може бути сформульована таким чином. Є повний зважений орієнтований граф G з безліччю вершин $N = 2^k$, k – кількість факторів. Ваги всіх дуг позитивні. Необхідно знайти шлях з мінімальною вартістю $S_{заг}$ проведення експерименту

$$S_{заг} = \sum_{j=2}^N \sum_{i=1}^k S_{ij} \rightarrow \min ,$$

де $S_{i,j}$ – вартість переходу від i -го до j -го досліджу.

Оптимальним рішенням є план, отриманий перестановками, який має мінімальну вартість проведення експерименту. З ростом числа факторів k кількість перетворень істотно зростає [4].

У таблиці 1 наведені значення кількості факторів i перетворень для $k = 2 \dots 5$.

Таблиця 1

Кількість перетворень планів багатofакторних експериментів (БФЕ) для $k = 2 \dots 5$

Кількість факторів	Кількість дослідів у плані БФЕ	Кількість перетворень при перестановці рядків матриці планування	Кількість перетворень при перестановці стовпців матриці планування
2	4	24	2
3	8	40320	6
4	16	$2,092 \times 10^{13}$	24
5	32	$2,63 \times 10^{35}$	120

Для проведення дослідження необхідно обрати фактори, що впливають на процес, та параметр оптимізації. При дослідженні фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень

у якості факторів обрані: x_1 – кут відхилення центральної осі випромінюючого елемента (далі – ВЕ) від центральної осі приймаючого елемента (далі – ПЕ), x_2 – інтервал між центральними осями ВЕ та ПЕ, x_3 – дистанція між ВЕ та ПЕ. Напруга U , мВ є параметром оптимізації. Для побудови математичної моделі у вигляді $U = f(x_1, x_2, x_3)$ достатньо застосувати повний факторний експеримент 2^3 . Опис процесу дослідження фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень наведено у роботі [4]. У табл. 2 показана початкова матриця планування експерименту.

Таблиця 2

Початкова матриця планування експерименту

Номер досліджу	Фактори		
	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Вартості змін значень рівнів факторів приведені в табл. 3.

Таблиця 3

Вартості змін значень рівнів факторів

Перехід рівнів	S_{x_1} , у.о.	S_{x_2} , у.о.	S_{x_3} , у.о.
-1 → +1	3,2	6,8	7
+1 → -1	3	5,5	6,4

Вартість реалізації початкового плану експерименту складає $S_{\text{поч}} = 47,9$ у.о.

Для оптимізації плану повного факторного експерименту ($k = 3$) за вартісними (часовими) витратами було розроблено та досліджено метод гравітаційного пошуку. Його реалізація полягає у перестановці рядків матриці та знаходження мінімального значення вартості перестановки по відношенню до першого рядка матриці. Сутність застосування методу гравітаційного пошуку, схема реалізації якого показана на рисунку 1, полягає в наступному.

Етап 1. Генерування початкової матриці планування експерименту (в залежності від кількості факторів).

Етап 2. Введення вартості переходів між рівнями для кожного із факторів.

Етап 3. Розрахунок вартості початкової матриці планування експерименту.

Етап 4. Розрахунок значення тяжіння (вартості) першого рядка матриці планування до усіх наступних (в залежності від кількості факторів).

Етап 5. Запам'ятовування мінімального значення тяжіння та перестановка рядків матриці.

Етап 6. Здійснення розрахунку наступного переходу, починаючи від попереднього мінімального значення.

Етап 7. Виконання перевірки, чи проаналізовані всі переходи. Якщо всі переходи проаналізовані, то виконується крок 8. Якщо ні – крок 6 до завершення всіх ітерацій.

Етап 8. Розрахунок вартості оптимальної матриці планування експерименту.

Етап 9. Порівняння вартості початкового плану експерименту з оптимальним.

Етап 10. Виведення результатів дослідження.



Рисунок 1 – Схема реалізації методу гравітаційного пошуку

Оптимальний за вартістю проведення план експерименту, отриманий з використанням методу гравітаційного пошуку, представлений в таблиці 4.

Таблиця 4

Оптимальний план експерименту, отриманий методом гравітаційного пошуку

Номер досліджу	Фактори		
	X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	+1	+1	-1
4	-1	+1	-1
5	-1	+1	+1
6	+1	+1	+1
7	+1	-1	+1
8	-1	-1	+1

Вартість реалізації оптимального плану експерименту становить 31,7 у.о.

Таблиця 5 відображає раніше розроблені плани експерименту для дослідження фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень [4,5].

Плани експерименту для дослідження фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень

Аналіз перестановок рядків				Рой частинок				Табу-пошук			
Номер досліджу	Фактори			Номер досліджу	Фактори			Номер досліджу	Фактори		
	x ₁	x ₂	x ₃		x ₁	x ₂	x ₃		x ₁	x ₂	x ₃
1	-1	-1	-1	1	+1	-1	-1	1	+1	+1	-1
2	-1	-1	+1	2	+1	+1	-1	2	-1	+1	-1
3	+1	-1	+1	3	-1	+1	-1	3	-1	+1	+1
4	+1	-1	-1	4	-1	+1	+1	4	+1	+1	+1
5	+1	+1	-1	5	+1	+1	+1	5	+1	-1	+1
6	+1	+1	+1	6	+1	-1	+1	6	+1	-1	-1
7	-1	+1	+1	7	-1	-1	+1	7	-1	-1	-1
8	-1	+1	-1	8	-1	-1	-1	8	-1	-1	+1

Вартість реалізації плану експерименту, отриманого методом аналізу перестановок рядків, складає 39,8 у.о., рою частинок – 34,9 у.о., табу – пошуку – 35,1 у.о.

У таблиці 6 приведено порівняльний аналіз початкового плану експерименту з планами, отриманими наступними методами оптимізації: аналіз перестановок рядків, рою частинок, табу – пошуку, гравітаційного пошуку.

Таблиця 6

Порівняльний аналіз методів

Метод оптимізації	Вартість, у.о.	Виграш, разів
Початковий план	47,9	
Гравітаційний пошук	31,7	1,51
Аналіз перестановок рядків	39,8	1,2
Рою частинок	34,9	1,37
Табу-пошук	35,1	1,36

У результаті порівняння вартостей планів експерименту, отриманих різними методами оптимізації, можна зробити висновок, що план, оптимізований за методом гравітаційного пошуку, дає максимальний виграш у вартості реалізації. Це підтверджує працездатність та ефективність методу гравітаційного пошуку для дослідження фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень.

Висновки. Для оптимізації планів багатофакторного експерименту за вартісними витратами розроблено метод гравітаційного пошуку.

Доведена його працездатність та ефективність для дослідження фотоелектричних перетворювачів кутових переміщень. Результати досліджень показали, що розроблений метод гравітаційного пошуку дає виграш у вартості в 1,51 рази, порівняно з початковим планом експерименту. Метод буде краще за вартістю реалізації плани експерименту у порівнянні з методами аналізу перестановок рядків, рою частинок та табу-пошуку.

Перспективи подальших досліджень полягають у створенні та застосуванні програмного забезпечення для оптимізації цим методом планів багатофакторних експериментів з кількістю факторів $k > 3$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Воронина О.А. Математические основы планирования и проведения эксперимента: учебное пособие. Орел: изд. ОрелГТУ, 2007. 124 с.
2. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 446 с.
3. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов. Информационные технологии. 2012. №7. С. 1-32.
4. Кошевой Н.Д., Костенко Е.М. Оптимальное по стоимостным и временным затратам планирование эксперимента: монография. Полтава: изд. Шевченко Р.В., 2013. 317 с.
5. Кошевой Н.Д., Костенко Е. М., Беляева А. А. Сравнительный анализ методов оптимизации при исследовании весоизмерительной системы и терморегулятора. Радиоелектроніка, інформатика, управління. 2018. №4. С. 179-187. DOI 10.15588/1607-3274-2018-4-17.
6. Кошевой Н.Д., Беляева А.А. Применение алгоритма оптимизации роєм частиц для минимизации стоимости проведения многофакторного эксперимента. Радиоелектроніка, інформатика, управління. 2018. №1. С. 41-49. DOI 10.15588/1607-3274-2018-1-5.
7. Кошевой Н.Д., Костенко Е.М. Метод итерационного планирования оптимальных по стоимостным и временным затратам экспериментов. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. 2009. №19. С. 44-48.
8. Кошевой Н.Д., Костенко Е.М. Оптимальное планирование эксперимента для исследования динамических объектов. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. 2009. №20. С. 57-62.
9. Кошевой Н.Д., Костенко Е.М., Заболотный А.В. Оптимальное планирование эксперимента при исследовании устройства для контроля качества диэлектрических материалов. АСУ и приборы автоматики. 2009. №147. С. 38-41.
10. Кошевой Н.Д., Муратов В.В. Применение алгоритма прыгающих лягушек для оптимизации по стоимостным (временным) затратам планов полного факторного эксперимента. Радиоелектронні і комп'ютерні системи. 2018. № 4. С. 53-60.
11. Кошевой Н.Д., Чуйко А.С. Применение муравьиных алгоритмов для оптимизации факторных планов эксперимента. Математичне моделювання. 2013. №1. С. 92-97.

REFERENCES:

1. Voronina O.A. Mathematical foundations of planning and conducting an experiment: a tutorial. Orel: ed. Orel State Technical University, 2007. 124 p.
2. Karpenko A.P. Modern search engine optimization algorithms. Algorithms Inspired by Nature: a tutorial. M.: Publishing house of MSTU. N.E.Bauman, 2014. 446 p.
3. Karpenko A.P. Population algorithms for global search engine optimization. Review of new and little-known algorithms. Information Technology. 2012. No. 7, pp. 1-32.
4. Koshevoy N.D., Kostenko E.M. Experimentally-optimal cost and time planning of the experiment: a monograph. Poltava: ed. Shevchenko R.V., 2013. 317 p.
5. Koshevoy N.D., Kostenko E.M., Belyaeva A.A. Comparative analysis of optimization methods in the study of weighing system and thermostat. Radio electronics, informatics, control. 2018. No. 4, pp. 179-187. DOI 10.15588/1607-3274-2018-4-17.
6. Koshevoy N.D., Belyaeva A.A. Application of particle swarm optimization algorithm to minimize the cost of a multivariate experiment. Radio electronics, informatics, control. 2018. No. 1, pp. 41 - 49. DOI 10.15588/1607-3274-2018-1-5.
7. Koshevoy N.D., Kostenko E.M. Method of iterative planning of optimal in terms of cost and time costs.experiments. Collection of Military Institute of Kiev National Taras Shevchenko University. 2009. No. 19, pp. 44-48.
8. Koshevoy N.D., Kostenko E.M. Optimal planning of the experiment for the study of dynamic objects. Collection of Military Institute of Kiev National Taras Shevchenko University. 2009. No. 20, pp. 57-62.
9. Koshevoy N.D., Kostenko E.M., Zabolotny A.V. Optimal planning of the experiment investigating a device for quality control of dielectric materials. ACS and automation devices. 2009. No. 147, pp. 38-41.

10. Koshevoy N.D., Muratov V.V. Application of the jumping frog algorithm for time and cost optimization of plans for a full factorial experiment. Radioelectronic and computer systems. 2018. No. 4, pp. 53-60.

11. Koshevoy N.D., Chuiko A.S. Application of ant algorithms to optimize factorial experimental designs. Mathematical modeling. 2013. No. 1, pp. 92-97.

prof. Koshevoy N.D., Malkova A.V.

APPLICATION OF THE GRAVITY SEARCH METHOD TO MINIMIZE THE COST OF CONDUCTING A MULTIFACTOR EXPERIMENT

Experimental research methods are increasingly used in industry in the optimization of production processes. Experiments, as a rule, are multifactorial and are connected with optimization of quality of materials, search of optimum conditions of carrying out technological processes, development of the most rational designs of the equipment, etc. The use of experimental planning makes the behavior of the experimenter purposeful and organized, significantly increases productivity and reliability of the results. An important advantage is its versatility, suitability in the vast majority of research areas.

When implementing an industrial experiment, the main task is to obtain the maximum amount of useful information about the influence of individual factors of the production process, provided that the minimum number of expensive observations in the shortest period of time. Therefore, it is important to increase the efficiency of experimental research with minimal time and cost. For this purpose, it is expedient to develop systems of automation of experiments which will allow to reduce terms of carrying out experimental researches and to reduce expenses for them. Object of research: processes of optimization of plans of multifactor experiment on cost and time expenses. Subject of research: an optimization method developed on the basis of the gravitational search algorithm, which consists in comparing the force of gravity (cost) of the first row of the planning matrix of the experiment to the next rows of the matrix.

In the study of photoelectric transducers of angular displacements, the efficiency and effectiveness of the gravitational search method were analyzed in comparison with previously developed methods: analysis of line permutations, particle swarm, taboo search. The cost of carrying out the experiment plan and the efficiency for solving optimization problems in comparison with the original plan and the implementation of the above methods are shown.

Keywords: gravitational search, experimental plan, planning matrix, optimal plan, optimization, cost, comparative characteristics, cost benefit.

ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО БПЛА РОТОРНОГО ТИПУ НА БАЗІ ПРОШИВКИ ARDUPILOT

У роботі спроектований багатофункціональний БПЛА роторного типу (гексакоптер) на основі прошивки Arducopter ver.4.0.7 для пристроїв FMUv3. Виконана експериментальна настройка параметрів прошивки для заданої геометрії БПЛА, його ваги, гвинто моторної групи, стійкості польоту при поривчастим вітрі для навігаційних режимів. Показано, що цей польотний контролер може використовувати всі документовані можливості прошивки Ardupilot на відміну від Pixhawk1 IM. Експериментально на основі багаточисельних польотів було виявлено, що прошивка з використанням математичного апарату на основі розширеного фільтра Калмана (Arducopter 4.0.7) дає кращі результати польоту в навігаційних режимах, ніж прошивки, що базуються на використанні компліментарного фільтра (INAV, Betaflight - rescue mode). Показана можливість керування додатковим обладнанням за допомогою польотного контролера на прикладі скидання вантажу в заданій точці траєкторії. Одержано результати телеметрії при автоматичному польоті гексакоптера по заданій траєкторії на підставі встановлених датчиків. Показано, як за допомогою програмного забезпечення наземної стації можна отримати двох-мірні і трьох-мірні графічні представлення даних телеметрії для аналізу польоту коптера з подальшою його більш тонким налаштуванням. Вивчено можливість побудови і побудована трьох-мірна траєкторія польоту БПЛА за даними телеметрії за допомогою програми Google Earth. Розглянуто тонка настройка режимів польоту БПЛА з використанням параметрів прошивки Ardupilot. Виявлено параметри, які є основними для забезпечення максимальної стійкості польоту в різко мінливих умовах, наприклад при різких гальмуваннях, маневрах, поривчастим вітром. Експериментально визначено діапазон зміни цих параметрів, їх значення. Виконана настройка параметрів PID регулятора для забезпечення плавного і стабільного польоту в навігаційних режимах. В роботі з використанням сервоприводу спроектовано пристрій скидання вантажу, яке може спрацьовувати в автоматичному режимі при польоті по траєкторії, так і при команді з пульта управління при підльоті в задану точку, що візуально проглядається за допомогою Mission Planner.

Ключові слова: INAV, GPS приймач, БПЛА, ESC регулятор, FlySky FS-i6, Failsafe, Arducopter, Ardupilot, Pixhawk, Google Earth, AltHold, FMUv3

Постановка задачі. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) класифікують за виконанням функцій – літакових чи і мультироторних. Мультироторні можна розділити за кількістю гвинтів: трикоптери, квадрокоптера, гексакоптери і т.і. Такі БПЛА набули широкого поширення, тому що їм не потрібні додаткові пристрої для зльоту і посадки.

Конструкція БПЛА визначає їх застосування. Сфер, де можуть використовуватися безпілотні літальні апарати досить багато [1-3]. Наприклад, цивільні сфери це: геодезія і картографія; сільське господарство (контроль і обробка полів) [4]; фермерство; аерофотозйомка і звичайна фото і відео зйомка; передпроектні дослідження і контроль об'єктів будівництва; доставка товарів; моніторинг протяжних об'єктів; використання в якості носіїв точок доступу в бездротових мережах.

Багатофункціональний БПЛА роторного типу, перш за все, повинен виконувати наступні основні польотні режими [5,6]:

1. Stabilize – в цьому режимі виконується зліт і посадка. Тут використовуються гіроскоп і акселерометр для утримання горизонту. Компас використовується додатково для контролю і корекції.

2. AltHold – режим утримання висоти. В даному режимі додається використання барометра, який сприяє утриманню висоти по тиску повітря.

3. Land – режим автоматичної посадки в поточному положенні. Використовується барометр для контролю висоти.

4. Simple – режим, який дозволяє «забути» про орієнтацію БПЛА щодо пілота. В даному режимі найважливішим є компас.

5. Loiter – режим утримання точки (по координаті і висоті). Використовує GPS. Режим добре підходить для фото-і відеозйомки.

6. RTL (Return To Launch) - повернення в точку зльоту. Контролер запам'ятовує точку, де зроблений Arming і дозволяє повернути коптер в цю точку.

7. Auto – політ по точкам місії. Місія створюється вручну з використанням програмного забезпечення наземної станції перед польотом.

8. Failsafe – режим порятунку, який відправляє БПЛА додому (в точку, де проведений запуск двигунів - Arming). Наприклад, в разі втрати зв'язку з наземною станцією.

Також БПЛА повинен в автоматичному режимі, наприклад при польоті по траєкторії, скидати вантаж, вести фото-і відеозйомку в заданих координатах, уникати перешкоди, виконувати коригування маршруту при зміні умов протягом виконання польоту і т.і. У функції коптера має бути включено управління заданим набором устаткування, яке розташоване на борту БПЛА також повинен бути стійкий до зовнішніх впливів під час автоматичного польоту, наприклад до поривчастому вітру. Для виконання перерахованих завдань велике значення має приділятися вибору польотного контролера і програмного забезпечення. Функціональність польотного контролера (процесор, пам'ять, кількість і різноманітність портів введення - виведення) дозволяє управляти великою кількістю сенсорів.

Програмне забезпечення забезпечує стабільний політ БПЛА в автоматичному режимі, набір різних польотних режимів, стійкість польоту при різких змінах зовнішніх впливів і т.і. Доцільно використання відкритого до коректування програмного забезпечення з метою можливості його зміни з метою доопрацювання, наприклад для постановки нових датчиків, підвищенню стійкості польоту і т.і. В зв'язку з цим розглянемо проектування і налаштування гексакоптера на базі польотного контролера Pixhawk [7] з прошивкою Ardupilot. Налаштування буде проводитися з використанням конфігуратора - наземної станції Mission Planner (ver.1.3.74). На момент дослідження розглянута остання прошивка для гексакоптера - Arducopter ver.4.0.7.

Аналіз останніх досліджень. Для оцінки стану / орієнтації літального апарату з прошивкою arducopter - а аж до ver.3.2.1 використовувався математичний апарат "дискретна косинусна матриця" (DCM - Discrete Cosine Matrix) [8]. Для оцінки стану, швидкості і кутової орієнтації транспортного засобу на основі вимірів гіроскопа, акселерометра, компаса, GPS приймача починаючи з польотних контролерів сімейства Pixhawk, використовується алгоритм розширеного фільтра Калмана (ЕКФ) [9,10]. Прошивка INAV для польотних контролерів на базі аналогічних мікроконтролерів використовує фільтр Alpha-Beta (комплементарний фільтр) для оцінки стану. Він дозволяє за допомогою акселерометра і гіроскопа отримувати досить точні значення тангажу і крену. Однак при різко мінливих зовнішніх умовах його точність може ставати недостатньою, в зв'язку з цим коптер втрачає стійкість. В роботі розглядаються зіставлення стійкості польоту БПЛА при використанні прошивок з підтримкою і без підтримки алгоритму розширеного фільтра Калмана [11]. Виконувалася експериментальна настройка параметрів (наприклад PID регуляторів) для заданої геометрії БПЛА, ваги, гвинтокорилої групи. На підставі проведених експериментів обрана прошивка (програмне забезпечення БПЛА) і на її основі спроектований багатофункціональний БПЛА роторного типу (гексакоптер) [12,13].

Основний матеріал і результати досліджень. В роботі використовується польотний контролер Pixhawk 2.4.8, який заснований на відкритому до поширення і зміни обладнанні FMUv3 [14]. FMUv3 виправляє помилку, що обмежує вихідний польотний контролер Pixhawk1 1 Мб флеш-пам'яті. Раніше використовувався FMUv2, який враховував помилку

мікроконтролера STM32F427, яка полягає в тому, що замість 2Мб пам'яті він міг працювати тільки з 1 МБ.

Основні характеристики

Процесор: 32-розрядний STM32F427 Cortex-M4F ядро з FPU, тактова частота -168 МГц, 256 КБ RAM, 2 МБ флеш-пам'яті, 32-бітний співпроцесор STM32F103 використовуваний в разі відмови основного процесора

Датчики: гіроскоп / акселерометр MPU 6000, магнітометр IST8310, барометр MS5611.

На малюнку 1 представлена схема з'єднання польотного контролера з системою живлення, телеметрією, магнітометром, GPS приймачем, приймачем системи управління, ESC регуляторами і моторами для побудови гексакоптера - носія різного типу обладнання (відео, системи скидання, датчиків-аналізаторів і ін.). Тут же показано фото стенду початкового налаштування обладнання перед установкою його на раму.

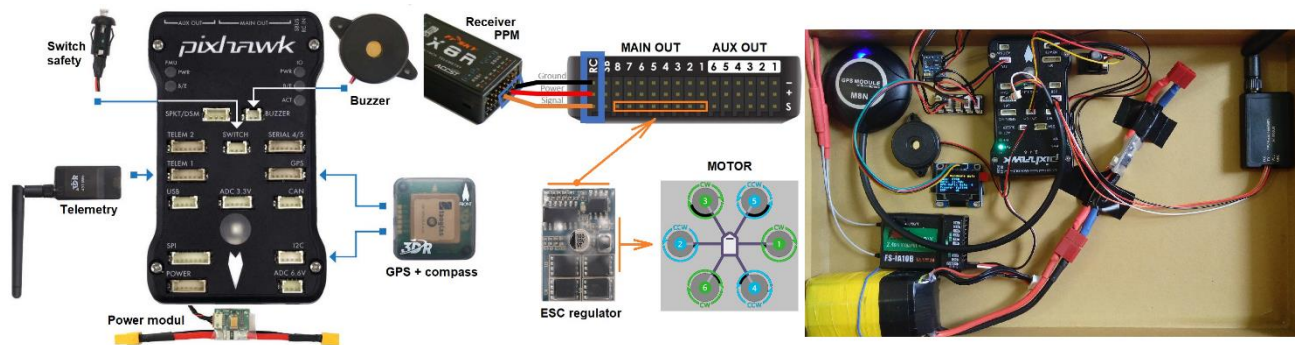


Рисунок 1 – Підключення основних компонентів гексакоптера

Інтерфейс прошивки літального контролера за допомогою Mission Planner ver. 1.3.74. для гексакоптера (червоний прямокутник) показаний на рис.2. Для Pixhawk 2.4.8 вибирається прошивка Copter 4.0.7, FMUv3.

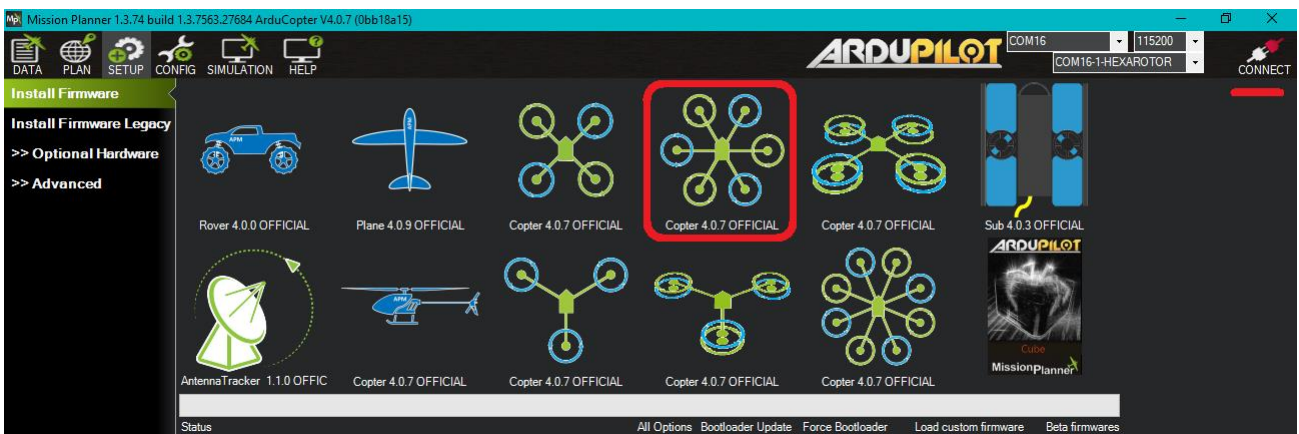


Рисунок 2 – Інтерфейс прошивки гексакоптера

Далі розглядається послідовність настройки польотного контролера. З цією метою підключається комп'ютер до польотного контролеру через порт USB. Виконується запуск програми Mission Planner, яка підключається до прошивки контролера натисканням на CONNECT в верхньому правому куті. Послідовно по етапах спочатку вибирається тип рами (рис.3).

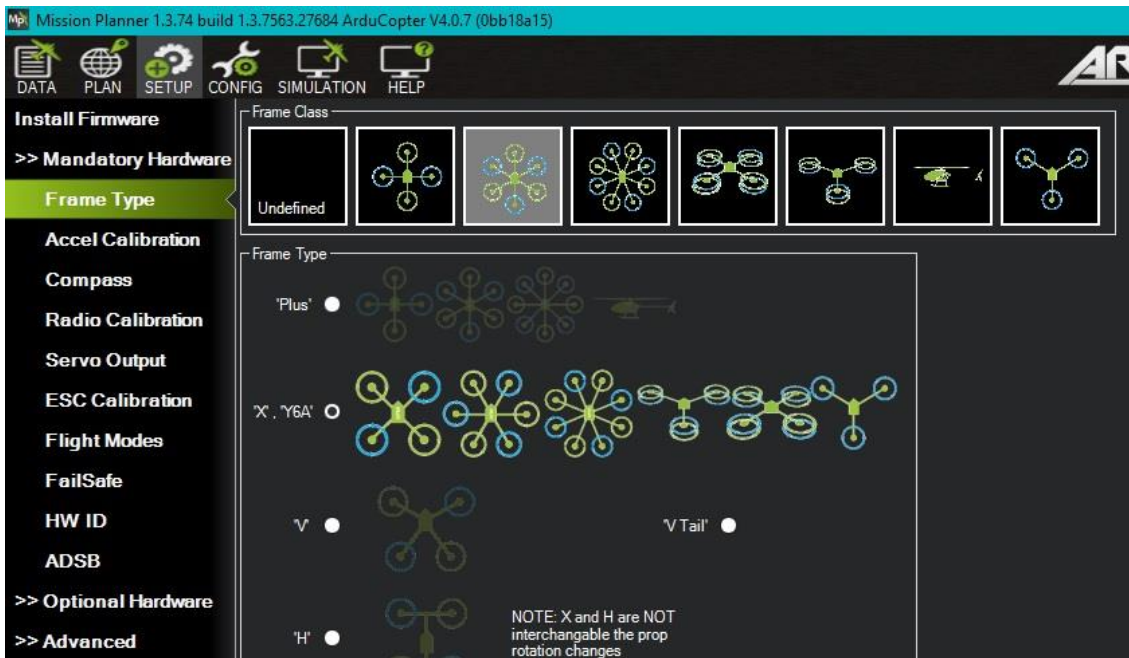


Рисунок 3 – Вибір типу рами

Проводиться калібрування акселерометра, компаса, апаратури управління і ESC регуляторів. Калібрування виконуються відповідно до покроковою інструкцією на відповідній вкладці. На рис. 4 показана комбінація вкладок налаштувань. Для калібрування акселерометра гексакоптер послідовно встановлюється в шість нерухомих положень по координатним осях. Фіксують кожне положення і натискають на кнопку, яка запам'ятовує параметри цього положення. Далі виконується калібрування магнітометра, яку краще проводити в місці запуску коптера шляхом його обертання по шести осях до тих пір, поки Mission Planner не видасть повідомлення про кінець калібрування. Розташування магнітометра щодо польотного контролера визначається автоматично. Налаштування ESC регуляторів проводиться відповідно до опису у вкладці ESC Calibration.

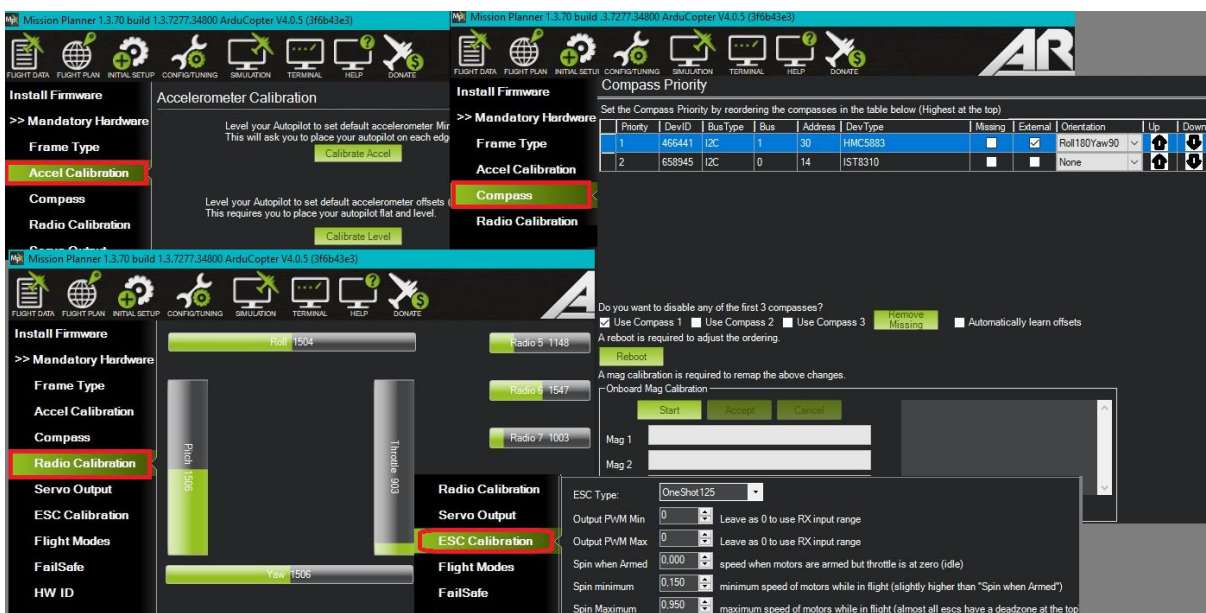


Рисунок 4 – Комбінація вкладок для налаштувань параметрів

Перед установкою польотних режимів (Flight Modes) необхідно налаштувати апаратуру управління FlySky FS-i6. Для цього вона спочатку прошивається на 10-и каналний режим роботи. Далі на пульті FlySky FS-i6 виконується перехід у вкладки End points і Aux. channels, в яких встановлюються показання на рис. 5 параметри для 5-го каналу. У вкладці Reverse встановлюється реверс для 2-го каналу.

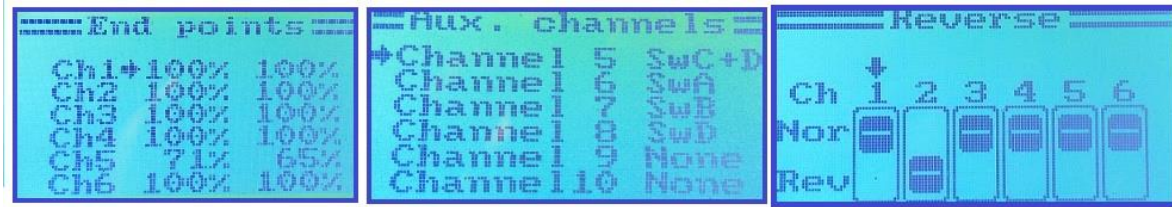


Рисунок 5 – Установка параметрів на пульті FlySky FS-i6 для формування польотних режимів

Така установка дозволяє з використанням трипозиційного SwC і двохпозиційного SwD вимикачів працювати з 6-ма різними польотними режимами. На рис.6 показані вкладки з налагодження польотних режимів і Failsafe. Для реалізації Failsafe попередньо налаштовуються апаратура управління і приймач. Режим FailSafe налаштовується за мінімальним газу. Тобто при включеній апаратурі управління значення Throttle одно, наприклад 1003 імпульсу. При обриві зв'язку з пультом це значення дорівнюватиме 900 імпульсів. На рис. 6 встановлена величина 950, менше якої буде спрацьований FailSafe. Це призведе до включення режиму Enabled Continue with Mission і Auto - який продовжить виконання місії польоту в автоматичному режимі навіть при втраті зв'язку з пультом управління. Можна включити режим Return to RTH - повернення в точку старту при втраті зв'язку з апаратурою управління.



Рисунок 6 – Налаштування польотних режимів і FailSafe

Для контролю над зарядом батареї, з метою оповіщення її розряду через телеметрію, подачі звукового сигналу про низький рівень заряду, виконання команди на повернення коптера в точку зльоту при розряді батареї, необхідна калібрування батареї. Вона виконується у вкладці, представленої на рис. 7. Для польотного контролера Pixhawk встановлюються значення, обведені зеленими прямокутниками

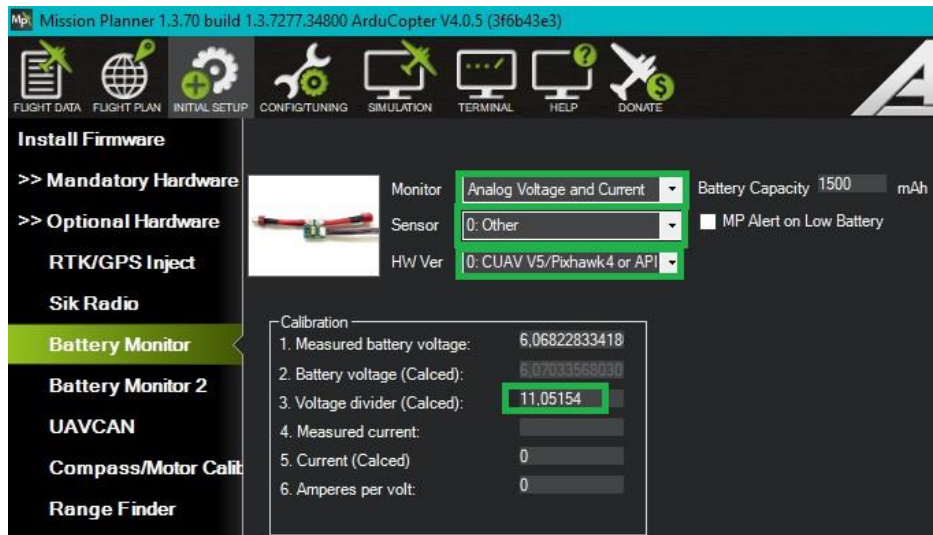


Рисунок 7 – Калібровка батареї

У вкладці Extended Tuning виконується настройка параметрів PID регулятора і деяких навігаційних польотних режимів (вони обведені червоним прямокутником). Тут також на деякі перемикачі апаратури управління можна встановити деякі режими польоту і дії. Наприклад, на перемикач сьомого каналу RC7 встановлено аварійне вимкнення двигуна, а на RC8 - автоматична посадка (жовті прямокутники).

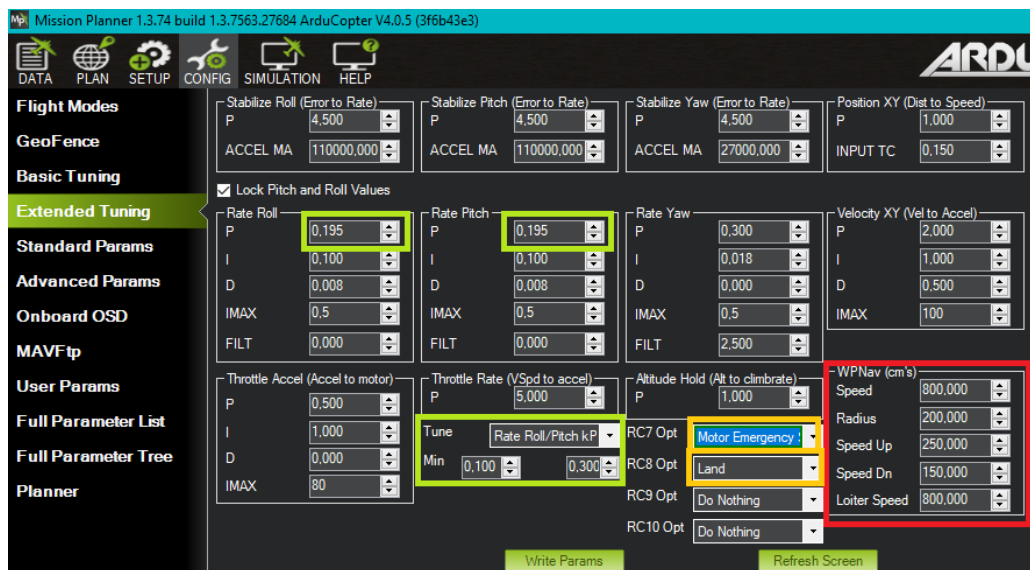
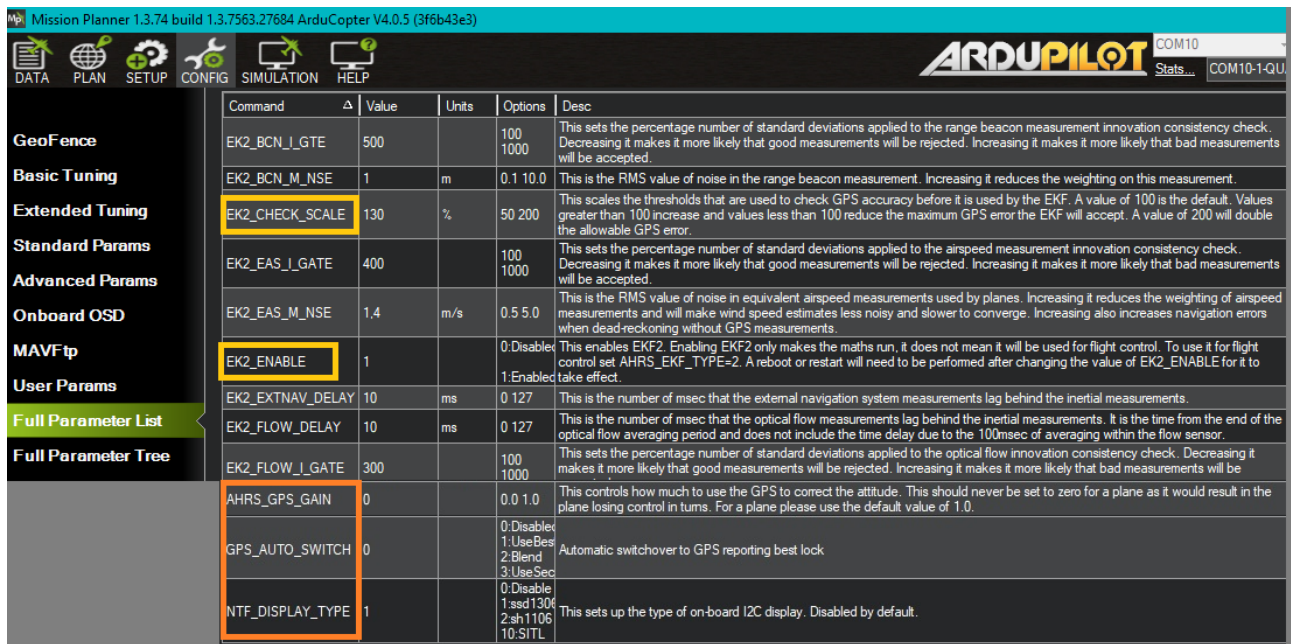


Рисунок 8 – Настройка PID регуляторів

Для коптерів PID регулятори налаштовуються методом ручного підбору виходячи з візуального контролю над стійкістю поведінки літального апарату. В даний час не існує надійних математичних моделей автоматичного визначення параметрів PID регуляторів. Тому для зручності настройки параметрів під час польоту на шостий канал апаратури управління - потенціометр встановлюють конкретні параметри PID і позначають діапазон зміни цих параметрів. На рис. 8 вищесказане обведено зеленим прямокутниками. Червоним прямокутником обведені параметри польоту в режимах навігації. Наприклад, при автоматичному польоті по траєкторії встановлена швидкість 800см / с (8м / с). Більш тонка настройка режимів польоту коптера виконується у вкладці Full Parameter List (рис. 9).

Більшість представлених параметрів змінювати не потрібно, однак є такі, на які необхідно звернути увагу і виконати їх коригування.



Category	Command	Value	Units	Options	Desc
GeoFence	EK2_BCN_I_GATE	500		100 1000	This sets the percentage number of standard deviations applied to the range beacon measurement innovation consistency check. Decreasing it makes it more likely that good measurements will be rejected. Increasing it makes it more likely that bad measurements will be accepted.
Basic Tuning	EK2_BCN_M_NSE	1	m	0.1 10.0	This is the RMS value of noise in the range beacon measurement. Increasing it reduces the weighting on this measurement.
Extended Tuning	EK2_CHECK_SCALE	130	%	50 200	This scales the thresholds that are used to check GPS accuracy before it is used by the EKF. A value of 100 is the default. Values greater than 100 increase and values less than 100 reduce the maximum GPS error the EKF will accept. A value of 200 will double the allowable GPS error.
Standard Params	EK2_EAS_I_GATE	400		100 1000	This sets the percentage number of standard deviations applied to the airspeed measurement innovation consistency check. Decreasing it makes it more likely that good measurements will be rejected. Increasing it makes it more likely that bad measurements will be accepted.
Onboard OSD	EK2_EAS_M_NSE	1.4	m/s	0.5 5.0	This is the RMS value of noise in equivalent airspeed measurements used by planes. Increasing it reduces the weighting of airspeed measurements and will make wind speed estimates less noisy and slower to converge. Increasing also increases navigation errors when dead-reckoning without GPS measurements.
MAVftp	EK2_ENABLE	1		0:Disabled 1:Enabled	This enables EKF2. Enabling EKF2 only makes the maths run, it does not mean it will be used for flight control. To use it for flight control set AHRG_EKF_TYPE=2. A reboot or restart will need to be performed after changing the value of EK2_ENABLE for it to take effect.
User Params	EK2_EXTNAV_DELAY	10	ms	0 127	This is the number of msec that the external navigation system measurements lag behind the inertial measurements.
Full Parameter List	EK2_FLOW_DELAY	10	ms	0 127	This is the number of msec that the optical flow measurements lag behind the inertial measurements. It is the time from the end of the optical flow averaging period and does not include the time delay due to the 100msec of averaging within the flow sensor.
Full Parameter Tree	EK2_FLOW_I_GATE	300		100 1000	This sets the percentage number of standard deviations applied to the optical flow innovation consistency check. Decreasing it makes it more likely that good measurements will be rejected. Increasing it makes it more likely that bad measurements will be rejected.
	AHRG_GPS_GAIN	0		0.0 1.0	This controls how much to use the GPS to correct the attitude. This should never be set to zero for a plane as it would result in the plane losing control in turns. For a plane please use the default value of 1.0.
	GPS_AUTO_SWITCH	0		0:Disabled 1:Use Best 2:Blend 3:Use Sec	Automatic switchover to GPS reporting best lock
	NTF_DISPLAY_TYPE	1		0:Disable 1:ssd1304 2:sh1106 10:SI7L	This sets up the type of on-board I2C display. Disabled by default.

Рисунок 9 – Вкладка Full Parameter List для тонкої настройки параметрів польоту

Для прошивки ArduCopter в цій роботі приділено увагу налаштуванню таких параметрів: $AHRG_GPS_GAIN = 0$. Параметр контролює, наскільки інтенсивно необхідно використовувати GPS для коригування положення. Параметр для літака не повинен бути дорівнювати 0, так як це призведе до втрати керування літаком при поворотах. Для літака використовується значення 1.0. Для коптера - 0. Наслідком включеного цього параметра є сипання лінії горизонту при нерухомому апараті в разі, якщо GPS не ідеально захопив позицію і дрейфує. При сильних скачках позиції GPS крен може досягати критичних значень, що призведе до нестійкості коптера. Тому в коптерах цей параметр встановлюється рівним 0.

$GPS_AUTO_SWITCH=0$. Налаштування автоматичного переключення між декількома GPS. Для одного GPS параметр встановлюється в 0.

$NTF_DISPLAY_TYPE = 1$. Встановлюється тип дисплею, підключеного до літального контролера. Висвічує режим польоту, кількість зафіксованих супутників, напруга батареї, системні повідомлення і т.д.

$LOIT_ACC_MAX = 500$. Максимальне прискорення корекції положення в режимі Loiter в см / с / с. Більш високі значення змушують коптер більш агресивно виправляти помилки положення (наприклад, при поривах вітру);

$LOIT_BRK_ACCEL = 100$. Прискорення гальмування при гальмуванні коптера в см / с / с. Більш високі значення зупиняють коптер швидше, коли стик апаратури управління "вправо-вліво", "вперед-назад" перекладається в центр. Великі значення цього параметра призводять до різкого гальмування, що може привести до перекидання коптера, особливо в поривчастий вітер;

$LOIT_BRK_JERK$. Гальмівний ривок при loiter в см / сек / сек / сек. Більш високі значення сильніше усунуть гальмування, якщо пілот переміщує стіки під час маневру гальмування. Використовується установка за замовчуванням.

$AHRG_EKF_TYPE = 2$. Цей параметр визначає, яка версія фільтра Калмана використовується для оцінки орієнтації і положення;

$EK2_ENABLE = 1$. Це включає EKF2. Включення EKF2 тільки запускає математичні обчислення, але це не означає, що він буде використовуватися для управління польотом. Щоб

використовувати його, необхідно встановити $AHRS_EKF_TYPE = 2$. Після зміни значення $EK2_ENABLE$ необхідно виконати процедуру перезавантаження, щоб параметри вступили в силу;

$EK2_CHECK_SCALE$. - Масштабує порогові значення, які використовуються для перевірки точності GPS, перш ніж він буде використаний EKF. За умовчанням встановлено значення 100. Значення більше 100 збільшують, а значення менше 100 зменшують максимальну помилку GPS, яку приймає EKF. Значення 200 подвоїть припустиму похибку GPS. Значення $EK2_CHECK_SCALE$ для тестованого коптера встановлено рівним 130. У цьому випадку він швидше встановлює зв'язок з супутниками, але і летить стабільно.

Програмне забезпечення Ardupilot дозволяє виконувати формування траєкторії польоту, наприклад для виконання фотозйомки, дослідження радіаційної обстановки місцевості, обприскування полів і т.п. На рис. 10 показаний приклад формування місії польоту довжиною близько 1 км в районі об'їзної дороги м Хмельницького.

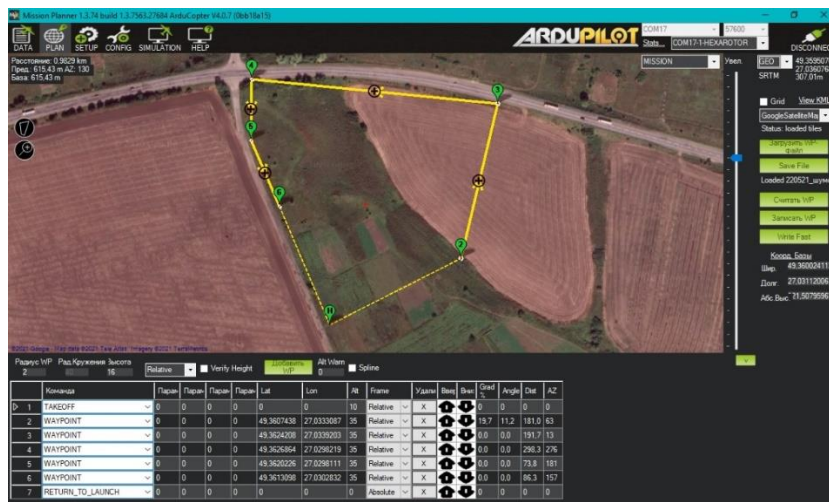


Рисунок 10 – Формування місії польоту в Mission Planner

Під час польоту польотний контролер виконує запис параметрів польоту на MicroSD карту. Програма Mission Planner дозволяє витягти після польоту записані дані і представити їх в графічному вигляді. Також автоматично формується файл, який в програмі Google Earth відображає тривимірне уявлення польоту коптера з використанням даних GPS приймача. На 11. представлені графіки висоти польоту по барометру, швидкості коптера по GPS приймачу, зміна напруги бортової батареї. Показана планована траєкторія польоту і реальна тривимірна траєкторія, сформована програмою Google Earth за даними польотного контролера.

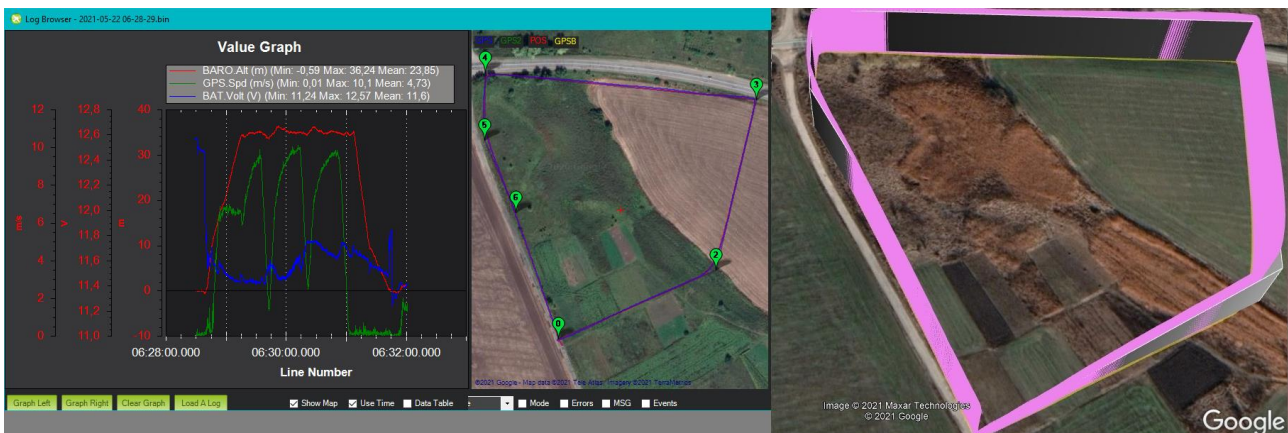


Рисунок 11 – Результати польоту по даним з польотного контролера

Розглянемо можливості польотного контролера і прошивки ArduCopter ver.4.0.7 для управління виконавчим обладнанням. В якості такого обладнання використовується пристрій скидання, яке керується сервоприводом. У польотному контролері сервоприводи можуть бути підключені до висновків AUX OUT (див.рис. 1). При підключенні до висновку AUX OUT 3, Mission Planner його розпізнає як RC11 (виділено червоним кольором на рис. 2).

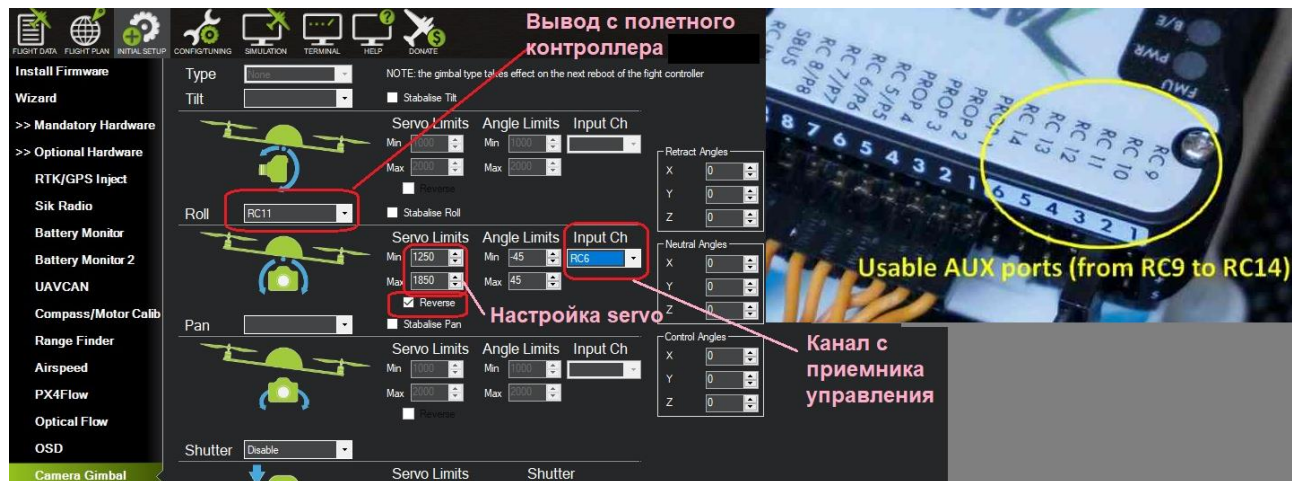


Рисунок 12 – Налаштування пристрою скидання вантажу по команді з пульта управління

У цій же вкладці (Camera Gimbal) вказується номер каналу з апаратури управління (RC6 - потенціометр). В опції Servo Limits встановлюється діапазон роботи сервоприводу. Скидання вантажу буде виконаний, якщо потенціометр каналу RC6 буде переведений з одного крайнього стан в інше.

Висновки

1. У статті показано елементи проектування та налаштування гексакоптера на базі польотного контролера Pixhawk 2.4.8 з використанням прошивки Arducopter ver.4.0.7 для пристроїв FMUv3. Показано, що цей польотний контролер може використовувати всі документовані можливості прошивки Ardupilot на відміну від Pixhawk1 1M.
2. Експериментально на основі багаточисленних польотів було виявлено, що прошивка з використанням математичного апарату на основі розширеного фільтра Калмана (Arducopter 4.0.7) дає кращі результати польоту в навігаційних режимах, ніж прошивки, що базуються на використанні компліментарного фільтра (INAV, Betaflight - rescue mode).
3. Спроектовано багатофункціональний БПЛА роторного типу (гексакоптер) на основі прошивки Arducopter ver.4.0.7 для пристроїв FMUv3. Виконана експериментальна настройка параметрів прошивки для заданої геометрії БПЛА, його ваги, гвинтокорилої групи, стійкості польоту при поривчастим вітром для навігаційних режимів.
4. Показана можливість керування додатковим обладнанням за допомогою польотного контролера на прикладі скидання вантажу в заданій точці траєкторії.
5. Отримано результати телеметрії при автоматичному польоті гексакоптера по заданій траєкторії на підставі встановлених датчиків. Показано, як за допомогою програмного забезпечення наземної станції можна отримати двомірні і тривимірні графічні представлення даних телеметрії для аналізу польоту коптера з подальшою його більш тонким налаштуванням.
6. Вивчено можливість побудови тривимірної траєкторії польоту БПЛА за даними телеметрії за допомогою програми Google Earth.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бойко А. Области применения беспилотников. [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access: <http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov>
2. Модернізований безпілотник Spectator від ВАТ "Меридіан" ім. С.П Корольова". [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: https://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=HvLErmgBRX4&feature=emb_logo
3. Spectator (БПЛА). [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Spectator_\(БПЛА\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Spectator_(БПЛА))
4. Бойко А. Опрыскивание растений с беспилотников. [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <http://robotrends.ru/robopedia/opryskivanie-rasteniy-s-bespilotnikov>
5. iNavFlight Missions. [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://github.com/iNavFlight/inav/wiki/iNavFlight-Missions>
6. Copter Mission Command List. [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://ardupilot.org/copter/docs/mission-command-list.html>
7. Pixhawk Wiring Quick Start. [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-wiring-and-quick-start.html>
8. Starlino. DCM Tutorial – An Introduction to Orientation Kinematics. [Electronic resource]. – 2011. – Mode of access: http://www.starlino.com/dcm_tutorial.html
9. Extended Kalman Filter (ЕКФ). [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-apm-navigation-extended-kalman-filter-overview.html>
10. Фільтр Маджвика. [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: <https://habr.com/ru/post/255661/>
11. Ibrahim K. Mohammed, Abdulla I. Abdulla. Elevation, pitch and travel axis stabilization of 3DOF helicopter with hybrid control system by GA-LQR based PID controller. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol.10, No.2, April 2020, pp. 1868~1884. ISSN: 2088-8708, DOI: 10.11591/ijece.v10i2.pp1868-1884
12. S. Lienkov, A. Myasishev, L. Komarova, N. Lytvynenko, V. Shvab, O. Lytvynenko. Creation of a Rotor-Type UAV with Flight Controllers, Based On a ATmega2560 and STM32f405 Microprocessors. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. Vol. 8, No. 8, ISSN 2347 – 3983, DOI: 10.30534/ijeter/2020/104882020.
13. Serhii Lienkov, Alexander Myasishev, Oksana Banzak, Yurii Husak, Ivan Starynski. Use of rescue mode for UAV on the basis of STM32 microcontrollers. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. ISSN 2278-3091. Volume 9, No.3, pp. 3506-3513, May - June 2020. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/156932020
14. mRo Pixhawk Flight Controller. [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: https://docs.px4.io/master/en/flight_controller/mro_pixhawk.html

REFERENCES:

1. Bojko A. Oblasti primeneniya bespilotnikov. [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access: <http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov>
2. Modernizovaniy bezpilotnik Spectator vid VAT "Meridian" im. S.P Korol'ova". [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: https://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=HvLErmgBRX4&feature=emb_logo
3. Spectator (BPLA). [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Spectator_\(BPLA\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Spectator_(BPLA))
4. Bojko A. Opryskivanie rastenij s bespilotnikov. [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <http://robotrends.ru/robopedia/opryskivanie-rasteniy-s-bespilotnikov>
5. iNavFlight Missions. [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://github.com/iNavFlight/inav/wiki/iNavFlight-Missions>
6. Copter Mission Command List. [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://ardupilot.org/copter/docs/mission-command-list.html>
7. Pixhawk Wiring Quick Start. [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-wiring-and-quick-start.html>
8. Starlino. DCM Tutorial – An Introduction to Orientation Kinematics. [Electronic resource]. – 2011. – Mode of access: http://www.starlino.com/dcm_tutorial.html

9. Extended Kalman Filter (EKF). [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-ahp-navigation-extended-kalman-filter-overview.html>
10. Fil'tr Madzhvika. [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: <https://habr.com/ru/post/255661/>
11. Ibrahim K. Mohammed, Abdulla I. Abdulla. Elevation, pitch and travel axis stabilization of 3DOF helicopter with hybrid control system by GA-LQR based PID controller. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol.10, No.2, April 2020, pp. 1868~1884. ISSN: 2088-8708, DOI: 10.11591/ijece. v10i2.pp1868-1884
12. S. Lienkov, A. Myasishev, L. Komarova, N. Lytvynenko, V. Shvab, O. Lytvynenko. Creation of a Rotor-Type UAV with Flight Controllers, Based On a ATmega2560 and STM32f405 Microprocessors. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. Vol. 8, No. 8, ISSN 2347 – 3983, <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/104882020>.
13. Serhii Lienkov, Alexander Myasishev, Oksana Banzak, Yurii Husak, Ivan Starynski. Use of rescue mode for UAV on the basis of STM32 microcontrollers. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. ISSN 2278-3091. Volume 9, No.3, pp. 3506-3513, May - June 2020. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/156932020>
14. mRo Pixhawk Flight Controller. [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: https://docs.px4.io/master/en/flight_controller/mro_pixhawk.html

**prof. Myasishchev A.A., prof. Lienkov S.V.,
Ph.D. Zinchyk A.G., Ph.D. Pampukha I.V., Riaba L.O.**

DESIGN OF MULTIFUNCTIONAL UAV OF ROTOR TYPE ON THE BASE OF FIRMWARE ARDUPILOT

In this work, a multifunctional rotor-type UAV (hexacopter) was designed based on the Arducopter ver.4.0.7 firmware for FMUv3 devices. Experimental tuning of the firmware parameters for a given UAV geometry, its weight, propeller group, flight stability in a gusty wind for navigation modes has been performed. It is shown that this flight controller can use all the documented features of the Ardupilot firmware, unlike the Pixhawk1 IM.

Experimentally, on the basis of numerous flights, it was revealed that firmware using a mathematical apparatus based on the extended Kalman filter (Arducopter 4.0.7) gives better flight results in navigation modes than firmware based on the use of a complimentary filter (INAV, Betaflight - rescue mode). The possibility of controlling additional equipment using a flight controller is shown using the example of dropping a load at a given point of the trajectory. The results of telemetry were obtained during the automatic flight of the hexacopter along a given trajectory based on the installed sensors. It is shown how, using the ground station software, it is possible to obtain two-dimensional and three-dimensional graphical representations of telemetry data for analyzing the flight of a copter with its subsequent fine tuning. The possibility of constructing and constructing a three-dimensional trajectory of the UAV flight according to telemetry data using the Google Earth program has been studied.

Considered the fine tuning of UAV flight modes using the Ardupilot firmware parameters. The parameters are identified that are basic for ensuring maximum flight stability in abruptly changing conditions, for example, during sudden braking, maneuvers, gusty wind. The range of variation of these parameters and their values have been determined experimentally. The parameters of the PID controller were tuned to ensure a smooth and stable flight in navigation modes. In work with the use of a servo drive, a load dropping device has been designed, which can be triggered automatically when flying along a trajectory, and when commanding from the control panel when approaching a given point, which is visually viewed using the Mission Planner.

Keywords: INAV, GPS receiver, UAV, ESC regulator, FlySky FS-i6, Failsafe, Arducopter, Ardupilot, Pixhawk, Google Earth, AltHold, FMUv3.

АДАПТИВНИЙ МЕХАНІЧНИЙ ФІЛЬТР ДЛЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА

При проведенні динамічних випробувань, при моделюванні ударних впливів, система вимірювання - від датчика до блоку збору даних піддається суттєвим перевантаженням. В цьому ланцюгу акселерометр є найбільш вразливою ланкою. Тому широкого використання при вимірюванні ударів, як більш надійні та витривалі, набули п'єзоелектричні акселерометри. Але їм теж властиві ряд недоліків.

Так, при широкосмугових вібраційних впливах спостерігається збудження в області механічного резонансу. Тобто матеріал кристала датчика може не мати надмірного механічного навантаження, але генерувати велику кількість вихідного заряду через резонанс датчика. Це збільшує електричний сигнал і може привести до насичення або, в багатьох випадках, до пошкодження наступних за датчиком формувачів та підсилювачів сигналу. Результатом таких режимів роботи є втрата даних через зміщення постійного струму в часі.

Часто спостерігається зсув нульового рівня вихідного сигналу. Коли п'єзоелектричний елемент знаходиться в резонансі, може статися відносно зміщення чутливого елемента. Цей стан перевантаження призводить до появи паразитних вихідних зарядів, що приводить до зміщення генеруємого заряду в короткому часовому проміжку. Через механічне перевантаження, під дією ударів великої інтенсивності, можлива також фізична руйнація датчика. В багатьох випадках запобігти небажаних наслідків вказаних недоліків та поліпшити процес вимірювання ударних впливів дає застосування механічних фільтрів з в'язкопружних матеріалів, які розміщують між об'єктом вимірювання та п'єзоелектричним акселерометром (датчиком). Застосування механічних фільтрів з в'язкопружних матеріалів дає змогу суттєво знизити амплітуду коливань п'єзоелектричного акселерометра (понад -12 дБ), та зрушити його резонансну частоту в сторону вищих частот. Тобто, використання механічних фільтрів суттєво зменшує механічні навантаження на датчик, що робить процес вимірювання вібраційних впливів (особливо ударних) більш передбачуваним.

Ключові слова: адаптивний механічний фільтр, п'єзоелектричний акселерометр, ударні випробування, віброметр, добротність механічного фільтра

Вступ. При проведенні вібраційних вимірювань при ударних випробуваннях, вплив резонансної частоти п'єзоелектричного акселерометра може привести до спотворення вимірів - появи так званого «дзвону», а при великих перевантаженнях по прискоренню і до руйнування його чутливого елемента. Одним із способів зменшення впливу цього резонансу є застосування фільтрів нижніх частот для виключення частотного діапазону резонансу з області вимірювання. Сучасні віброметри і аналізатори мають великий набір вбудованих фільтрів НЧ [1,2]. Однак, при наявності високочастотних коливань високого рівня, безпечних для конструкції, але які викликають резонанс датчика, може спостерігатися явище перевантаження вимірювального тракту. У таких випадках доцільно застосовувати механічні низькочастотні фільтри. Механічні фільтри представляють собою прокладки з в'язкопружних матеріалів, що розташовані між датчиком і об'єктом контролю. Застосування фільтрів з в'язкопружних матеріалів значно знижує рівень високочастотних складових вібрації, поліпшує результати вимірювань, зберігає працездатність та захищає від руйнувань п'єзоелектричні акселерометри.

Аналіз останніх публікацій. Очевидним рішенням проблеми резонансу акселерометра є заходи по ізоляції датчика від високочастотного входу механічним шляхом. Тобто відповідний в'язкопружний матеріал розміщується між акселерометром і точкою кріплення на тестованому об'єкті, таким чином утворюється механічний фільтр нижніх частот. Нахил спаду АЧХ фільтра такої схеми наближається до 12дБ на октаву [3].

Застосування механічного фільтра може бути доцільно в декількох випадках:

- При вимірюванні низькочастотної вібрації з низьких рівнями амплітуд, коли високочастотне прискорення маскує в вібраційному сигналі низькочастотні компоненти через перевантаження підсилювача, спотворень, відсутність електронних фільтрів і т. д.

- Якщо резонансна частота акселерометра збуджується високо частотною вібрацією, можливо навіть незначного рівня, викликаючи широкосмугові похибки вимірювання і перевантаження. В цьому випадку використання механічного фільтра збільшить корисний динамічний діапазон вимірювального приладу більш ніж на 20 дБ.

- Якщо акселерометр може піддатися короткочасним ударам, що перевищують його максимальні можливості по міцності, то механічний фільтр може запобігти можливому пошкодженню.

- Коли вимірювальний прилад має високо частотну характеристику, що перевищує необхідну, і не оснащений відповідними фільтрами нижніх частот.

- Коли потрібна певна частота зрізу без використання спеціальних електронних фільтрів.

Розглянемо одновісний (реагує на прискорення тільки по осі Z) п'єзоелектричний акселерометр, прикріплений через в'язкопружну прокладку (механічний фільтр) до об'єкту вимірювання, як систему з одним ступенем свободи з демпфуванням.

Якщо збудження системи здійснюється одиничним імпульсом (ударом), то вплив демпфування на максимальний відгук зазвичай не має значення, якщо тільки система не сильно демпфована [4,5].

При гармонійному збудженні, якщо частота збудження дорівнює власній частоті системи, то десятиразове збільшення коефіцієнта демпфування ζ , з 1% до 10% приводить до зменшення коефіцієнта деформаційного відгуку R_d в десять разів. Демпфування чинить такий вплив за допомогою накопиченої енергії (кількість її залежить від коефіцієнта демпфування ζ), що розсіюється у багатьох циклах коливань до досягнення системою сталого стану. І, навпаки, енергія, що розсіюється за рахунок демпфування, мала в системах які збуджуються силами, що мають імпульсний характер [5,6].

Розглянемо систему з в'язким демпфуванням, на яку діє збуджуюча сила p_0 імпульсом напівсинусоїдального виду (рис.1) з $t_d/T_n = 1/2$, де t_d - тривалість імпульсу, T_n - період імпульсу ($\omega = \omega_n$, де $\omega = \pi/t_d$ та $\omega_n = 2\pi/T_n$) і $\zeta = 0,1$.

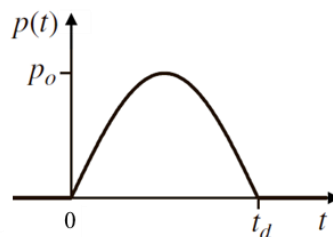


Рисунок 1 - Збуджуюча сила амплітудою p_0 імпульсом напівсинусоїдального виду

Зміна деформації в часі (рис. 2) вказує на те, що максимальна деформація (точка b) досягається в кінці діючого імпульсу до завершення одного вібраційного циклу

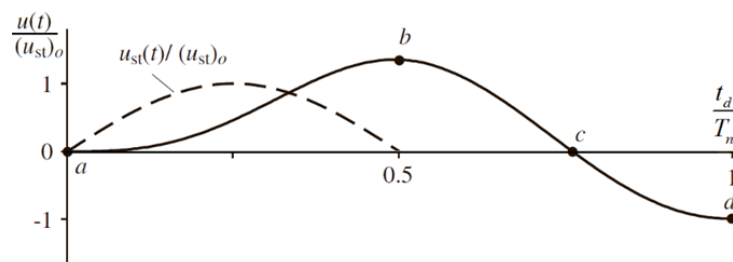


Рисунок 2 – Відгук демпфованої системи (при $\zeta = 0,1$) на силу в виді напівсинусоїдального імпульсу

На рис. 2 позначено: $u(t)$ - стаціонарний відгук системи $(u_{st})_0$ - максимальна статична деформація, зумовлена силою p_0 ($(u_{st})_0 = \frac{p_0}{k}$, де: k - коефіцієнт жорсткості системи), $u_{st}(t)$ - статична деформація в кожен момент часу t , ($u_{st}(t) = \frac{p_0}{k} \sin \omega \cdot t$, де: ω - частота з якою діє сила p_0).

На рис. 3 позначено: f_D - сила демпфування, f_s - сила пружності.

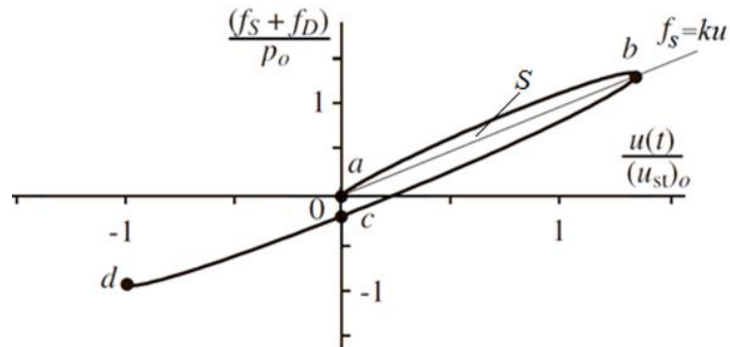


Рисунок 3 – Діаграма сила-деформація, що показує енергію, що розсіюється при в'язкому демпфуванні

Діаграма загальної сили (пружна плюс демпфуюча складова) деформації на рис. 3 вказує, що до досягнення максимальної реакції енергія, що розсіюється у в'язкому демпфуванні, є лише невеликою площею S (рис. 3) помноженою на p_0^2 / k . Таким чином, вплив демпфування на максимальну реакцію очікується невеликим.

Аналізуючи вище наведене, можна сказати, що вплив демпфування на максимальний відгук буде невеликим.

Це припущення підтверджується спектром ударних впливів при дії напів синусоїдальним імпульсу, представленим на рис. 4. При $\zeta = 0$, цей спектр такий же, як спектр для незгасаючих систем [6].

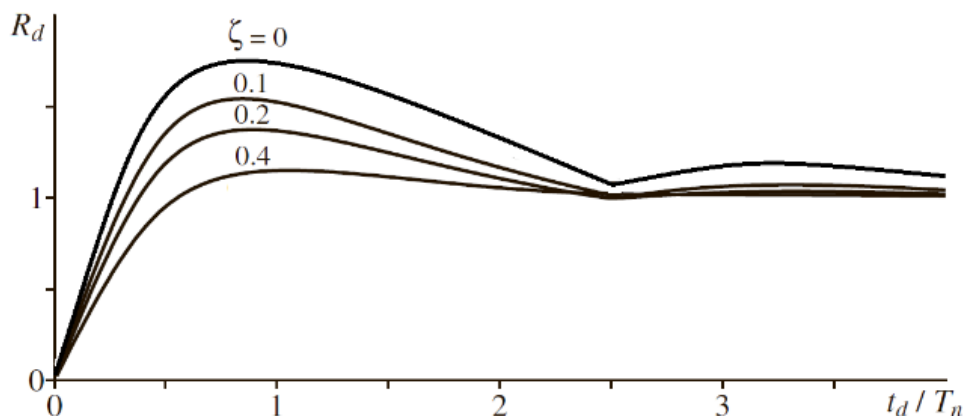


Рисунок 4 – Ударні спектри для напівсинусоїдального імпульсу для різних значень коефіцієнта демпфування

Спектр реакції для прикладеної сили $p(t)$ являє собою графік залежності $R_d = u_0 / (u_{st})_0$, де u_0 - амплітуда коливань системи у фазі вільних вібрацій.

У разі дії на систему напівперіодного синусоїдального імпульсу тривалістю $t_d = \frac{T_n}{2}$, збільшення коефіцієнта демпфування з 1% до 10% знижує максимальну деформацію всього на 12% [2]. Таким чином, спрощена оцінка відгуку багатьох практичних конструкцій з демпфуванням при збудженнях імпульсного типу може бути отримана шляхом зневаження згасання і використання розрахункових результатів як для незагасаючих систем.

Основні матеріали дослідження. На основі викладених теоретичних результатів була розроблена конструкція адаптивного механічного фільтра для п'єзоелектричного акселерометра.

На рис. 5 наведена модель акселерометра з механічним фільтром.

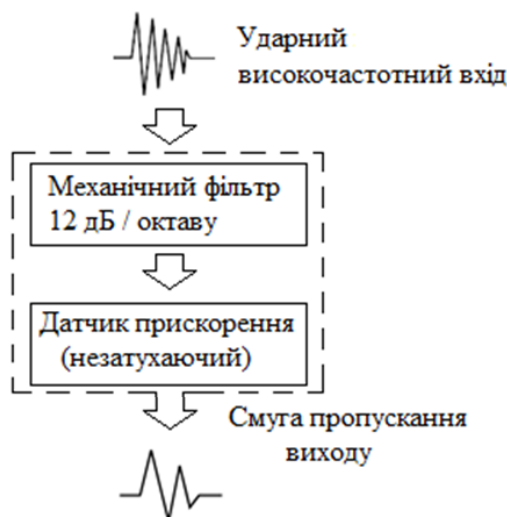


Рисунок 5 – Модель акселерометра з механічним фільтром

Конструктив та зовнішній вигляд адаптивного механічного фільтра наведено на рис. 6.

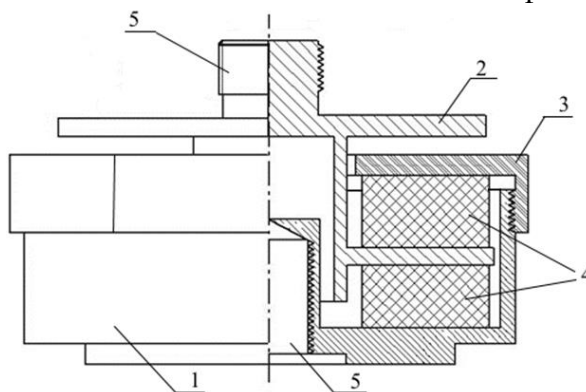


Рисунок 6 – Конструкція адаптивного механічного фільтра

На рис. 6 позначено: 1- корпус, 2- площадка кріплення акселерометра, 3- кришка корпусу, 4- в'язко пружні елементи, 5-різьбові з'єднання.

Фільтр складається з верхньої та нижньої частин з нержавіючої сталі, з'єднаних між собою та електрично розділених спеціально сформованими кільцями з в'язкопружного матеріалу (бутилкаучук).

Конструкція адаптивного механічного фільтра володіє можливістю змінювати жорсткість пружних елементів, що досягається шляхом підкручування різьбового з'єднання кришки корпусу. При цьому змінюється величина статичного підтискання кільцевих в'язкопружних елементів через які передається механічна вібрація від корпусу до площадки кріплення акселерометра. Таким чином змінюється величина жорсткості в'язкопружних елементів. На кришці нанесені поділки, які дають змогу оцінювати її положення відносно

корпусу. Ціна сектору повороту однієї позначки дорівнює 0,1 мм лінійного розміру по висоті в'язкопружних елементів.

Розроблена конструкція адаптивного фільтра була протестована з метою перевірки його динамічних характеристик з акселерометром V&K 4370 (полоса частот від 0,1 до 16000 Гц). Отримана АЧХ наведена на рис.7.

Важливим фактором застосування розробленого адаптивного фільтра є повторюваність результатів проведених вимірювань [7].

Визначимо повторюваність та невизначеність результатів вимірювання.

Для оцінки повторюваності процесу той самий акселерометр чотири рази монтувався на адаптивний механічний фільтр з однаковою номінальною жорсткістю (товщина 0,4 мм).

Випробування проводили на акселерометрі V&K 4370 на частотах 0,5;1,0;1,5;2,0;2,5;3,0 та 5,0 кГц. Для того, щоб врахувати нелінійність пружного елемента, було проведено п'ять випробувань з різним рівнем прискорення для кожного теста [8]. Результати для робочої смуги фільтра представлені на рис.7.

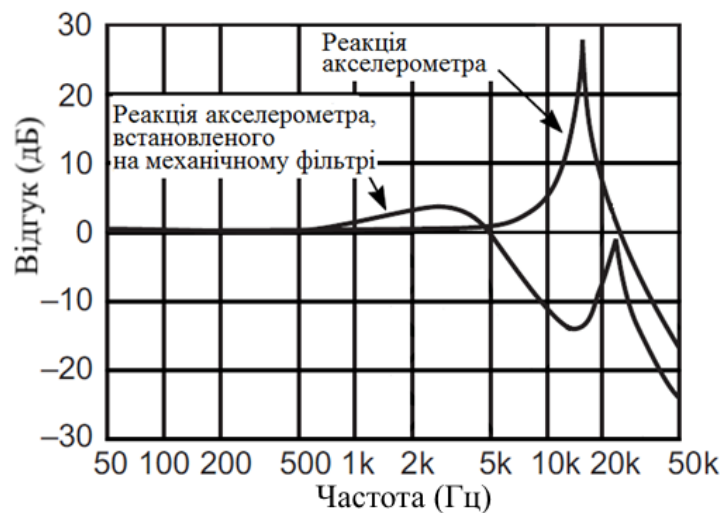


Рисунок 7 – АЧХ акселерометра типу 4370 з та без адаптивного механічного фільтра

Вимірювання прискорення здійснювалося вібрметром VM-83. VM-83 - вібрметр, призначений для вимірювання та оцінки вібрацій за допомогою п'єзоелектричного акселерометра. Він забезпечує вимірювання прискорення, швидкості та переміщення. За допомогою додаткового сервомеханічного целерометра можна виміряти навіть вібрації дуже низької частоти в діапазоні 0,1-1 Гц, чого дуже важко досягти за допомогою звичайних п'єзоелектричних акселерометрів. Точність вимірювань прискорення амплітудою до 1000 м/с² в діапазоні частот 1 Гц-20 кГц складає 5%.

Згідно з „ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995)”, для обчислення невизначеності результатів вимірювань необхідно виконати багаторазові вимірювання величини.

Обчислення невизначеності вимірювання прискорення проведемо по алгоритму [9]:

1. Обчислюємо середнє арифметичне значення освітленості з усіх вимірів в даній точці:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i . \quad (1)$$

2. Для джерел невизначеності випадкового характеру обчислюємо невизначеність за типом А:

$$u_A(E) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)^2}{n(n-1)}} . \quad (2)$$

3. Для джерел невизначеності систематичного характеру (приладова похибка) обчислюємо невизначеність за типом Б:

$$u_B(E) = \frac{\Delta E}{\sqrt{3}} . \quad (3)$$

де $\pm \Delta E$ - межі допустимої приладової похибки, а за значення прискорення беремо середнє значення прискорення $74,91 \text{ м/с}^2$, обчислене в п.1, з урахуванням похибки 5% віброметра VM-83.

4. Обчислюємо сумарну стандартну невизначеність:

$$u_C(E) = \sqrt{u_A^2(E) + u_B^2(E)} . \quad (4)$$

5. Для довірчої ймовірності (ймовірності охоплення) $P = 0.95$ (рекомендується в Керівництві з розрахунку невизначеності) задаємо коефіцієнт охоплення $k = 2$ і обчислюємо розширену невизначеність вимірювань:

$$u = k u_C . \quad (5)$$

Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати обчислення невизначеності вимірювання прискорення

Частота, (кГц)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	5,0
E , при $4\pi n$ ($n=5$) Прискорення, (м/с^2)	74,90	89,04	98,53	112,24	117,66	74,61
$u_A(E)$, %	1,13	1,36	1,03	1,21	1,29	1,43
$u_B(E)$, %	0,65	0,79	0,59	0,70	0,74	0,82
$u_C(E)$, %	1,31	1,58	1,19	1,39	1,49	1,65
u , %	2,62	3,15	2,38	2,79	2,97	3,29

Передатна характеристика фільтра в частотному діапазоні 0-2,5 кГц наведена на рис. 8.

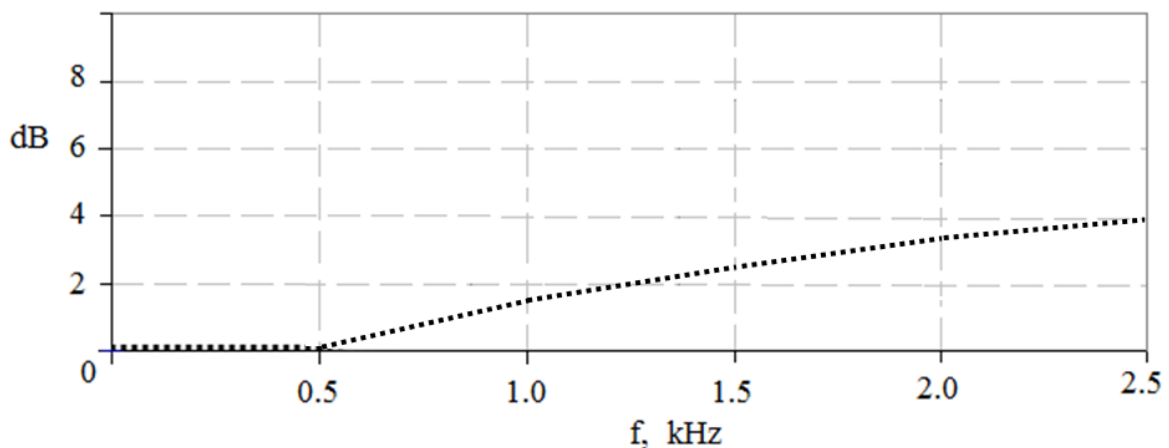


Рисунок 8 – Передатна характеристика фільтра в частотному діапазоні 0-2,5 кГц

Розширена невизначеність результатів вимірювань прискорення віброметром $u(E)$ складає від 2,38 до 3,29 % на різних частотах.

На частоті 2,5 кГц рівень підсилюється, завдяки першому механічному резонансу, і становить 4 дБ. Резонанс фільтра немає характерного різкого підняття рівня, тому що фільтр володіє малою добротністю. При тій же частоті коефіцієнт становить 2,97%, що корелює з внеском у невизначеність вимірювань інших приладів вимірювання (віброметр -5%, акселерометр, в цьому частотному діапазоні-5%). Отже даний фільтр можна застосувати для акселерометрів типу 4370, без конкретної градувальної таблиці (характеристики динамічного відгуку), беручи до уваги збільшення похибки вимірювання, зокрема на високих частотах.

Відповідь корпусу акселерометра на ударний вплив (рис.9) промодельовано в середовищі MathCad [10]. На систему фільтр-акселерометр діяв одинокий напівсинусоїдальний імпульс тривалістю 11мс (стандарт MIL-STD 810) з прискоренням 7,5g [11,12]. Перехідні процеси системи при мінімальному і максимальному демпфуванні адаптивного фільтра наведені на рис.10, 11 відповідно.

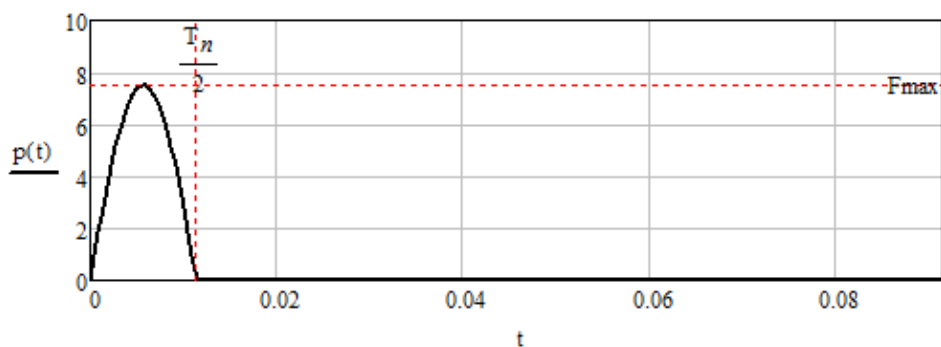


Рисунок 9 – Одинокий напівсинусоїдальний імпульс тривалістю 11мс

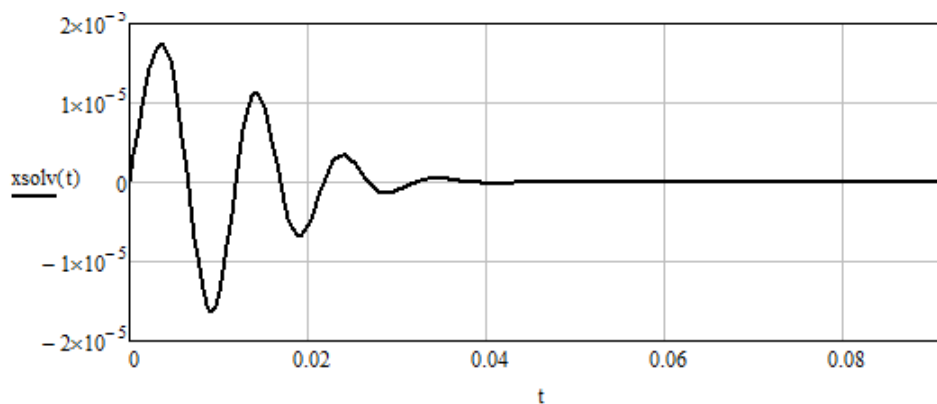


Рисунок 10 – Перехідний процес системи при мінімальному демпфуванні фільтра

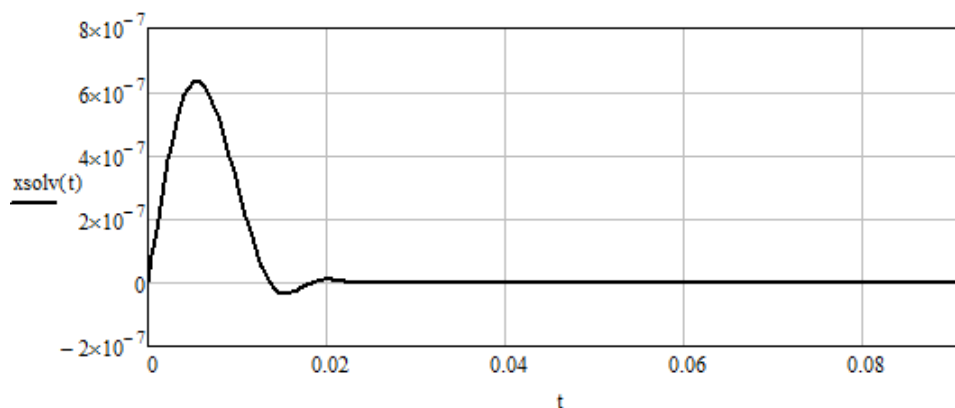


Рисунок 11 – Перехідний процес системи при максимальному демпфуванні фільтра

Висновки. У цій роботі розроблена оригінальна конструкція механічного фільтра для акселерометрів, що володіє адаптивністю (переналаштування жорсткості в'язкопружного елемента). Ефективність фільтра була експериментально перевірена, а результати тестів показали узгодженість моделювання з розрахунками. Повторюваність процедури монтажу фільтра дозволяє використовувати його без індивідуальної метрологічної характеристики.

У результаті проведених досліджень встановлено, що розроблений механічний фільтр має такі критичні конструктивні параметри:

- Механічне поєднання фільтра і акселерометра повинно бути досить міцним, щоб витримувати сильні удари (багато «ізоляторів», призначених для віброізоляції, просто руйнуються при ударі).

- Добротність механічного фільтра має бути дуже низькою, щоб підтримувати і максимізувати лінійність частотної характеристики. Демпфуючі характеристики є критичним фактором при узгодженні акселерометра з механічним фільтром.

- Відносне зміщення між датчиком і монтажною поверхнею не повинно перевищувати лінійного діапазону пружино-демпфованого переміщення. Тому що, коли акселерометр «досягає нижньої межі» фільтра, високочастотна ізоляційна характеристика фільтра перестає працювати і датчик залишається без захисту.

- Передавальні характеристики механічного фільтра повинні бути чітко визначені, а результати вимірювання прискорення з його застосуванням повинні бути повторюваними і передбачуваними.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Субботин С.Г. Спектральные характеристики для сравнения и идентификации ударных нагрузений/ С. Г. Субботин, А. Ю. Мельникова // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2009. №12(75). С. 53–56.

2. Третьяков А.В. Расчет спектра ударного отклика при проведении испытаний переносных цистерн и газовых контейнеров/ А.В. Третьяков О.А. Третьяков, М.В.Зимакова // Транспорт Российской Федерации, №3 (58) 2015.

3. Харрис С. Справочник по ударным нагрузкам. / С.М. Харрис, Ч.И.Крид// Л.: Судостроение, 1980.

4. J. Edward Alexander. Shock Response Spectrum – A Primer Sound & Vibration/June 2009.

5. Шарапов В.М. Пьезоэлектрические датчики / В.М. Шарапов, М.П. Мусиенко, Е.В. Шарапова. – М.: Техносфера, 2006. – 632 с.

6. Carl Sisemore, Vít Babuška. The Science and Engineering of Mechanical ShockSpringer // ISBN 978-3-030-12103-7 (eBook).Nature Switzerland AG 2020.

7. Harris' Shock and Vibration Handbook, Cyril M. Harris, editor, Allan G.Piersol, editor, 5th ed., McGraw-Hill 2002.

8. Perederko A. Mathematical models of piezoelectric sensors for measuring vibration parameters / A.L. Perederko. // Measuring and computing devices in technological processes. 2019, Issue 2. ISSN 2219-9365.

9. Третьяк Л.Н. Основы теории и практика обработки экспериментальных данных: учебное пособие/ Л.Н.Третьяк, А.Л. Воробьев // -М: Издательство Юрайт, 2017. 217с.

10.Зарубин В.С. Особенности математического моделирования технических устройств/ В.С.Зарубин, Г.Н.Кувыркин// Математическое моделирование и численные методы. 2014, выпуск 1.

11.Каразин В.И. Особенности моделирования и воспроизведения виброударных воздействия/ В.И. Каразин В. И., С. В. Колесников, С. Д. Литвинов и др.// Теория механизмов и машин. 2013. № 2(11).

12. Очков В.Ф. Физико-математические этюды с Mathcad и Интернет/ В.Ф. Очков, Е.П. Богомолова, Д.А. Иванов//: Издательство "Лань", 2016. 388 с.

REFERENCES:

1. Subbotin S.G. Spektralnye kharakteristiki dlya sravneniya i identifikacii udarnykh nagruzhenij/ S. G. Subbotin, A. Yu. Melnikova // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov, 2009. №12(75). S. 53–56.
2. Tretyakov A.V. Raschet spektra udarnogo otklika pri provedenii ispytaniy perenosnykh czistern i gazovykh kontejnerov/ A.V. Tretyakov O.A. Tretyakov, M.V.Zimakova // Transport Rossijskoj Federaczii, №3 (58) 2015.
3. Kharris S. Spravochnik po udarnym nagruzkam / S.M. Kharris, Ch.I.Krid // L.: Sudostroenie, 1980.
4. J. Edward Alexander. Shock Response Spectrum – A Primer Sound & Vibration /June 2009.
5. Sharapov V.M. P`ezoelektricheskie datchiki / V.M. Sharapov, M.P. Musienko, E.V. Sharapova. – M.: Tekhnosfera, 2006. – 632 s.
6. Carl Sisemore, Vít Babuška. The Science and Engineering of Mechanical ShockSpringer // ISBN 978-3-030-12103-7 (eBook).Nature Switzerland AG 2020.
7. Harris' Shock and Vibration Handbook, Cyril M. Harris, editor, Allan G.Piersol, editor, 5th ed., McGraw-Hill 2002.
8. Perederko A. Mathematical models of piezoelectric sensors for measuring vibration parameters / A.L. Perederko // Measuring and computing devices in technological processes. 2019, Issue 2. ISSN 2219-9365.
9. Tretyak L.N. Osnovy teorii i praktika obrabotki eksperimentalnykh dannyx: uchebnoe posobie/ L.N. Tretyak, A.L. Vorobev // M: Izdatelstvo Yurajt, 2017. 217s.
10. Zarubin V.S. Osobennosti matematicheskogo modelirovaniya tekhnicheskikh ustrojstv/ V.S. Zarubin, G.N. Kuvyrkin// Matematicheskoe modelirovanie i chislennye metody. 2014, vy`pusk 1.
11. Karazin V.I. Osobennosti modelirovaniya i vosproizvedeniya vibroudarnykh vozdeystviya/ V.I. Karazin V. I., S.V. Kolesnikov, S. D. Litvinov i dr.// Teoriya mekhanizmov i mashin. 2013. № 2(11).
12. Ochkov V.F. Fiziko-matematicheskie etyudy s Mathcad i Internet/ V.F. Ochkov, E.P. Bogomolova, D.A. Ivanov//: Izdatelstvo "Lan", 2016. 388 p.

Ph.D. Perederko A.L.

ADAPTIVE MECHANICAL FILTER FOR PIEZOELECTRIC ACCELEROMETER

When conducting dynamic tests, when simulating shock effects, the measurement system - from the sensor to the data acquisition unit is subject to significant overloads. In this circuit, the accelerometer is the most vulnerable link. Therefore, piezoelectric accelerometers have become widely used in measuring shocks as more reliable and durable, but they also have a number of disadvantages.

Thus, under broadband vibration effects, excitation in the region of mechanical resonance is observed. That is, the material of the sensor crystal may not have an excessive mechanical load, but generate a large amount of output charge due to the resonance of the sensor. This increases the electrical signal and can lead to saturation or, in many cases, damage to the signal shapers and amplifiers following the sensor. The result of such modes of operation is the loss of data due to the displacement of direct current over time.

There is often a shift of the zero level of the output signal. When piezoelectric elements are in resonance, there may be a relative displacement of the sensing element. This state of overload leads to the appearance of parasitic output charges, which leads to a change in the generated charge in a short period of time. Due to mechanical overload, under the action of high-intensity shocks, physical destruction of the sensor is also possible.

In many cases, the use of mechanical filters made of viscoelastic materials, which are placed between the object of measurement and the piezoelectric accelerometer (sensor), prevents the undesirable consequences of these shortcomings and improves the process of measuring shocks. The use of mechanical filters made of viscoelastic materials makes it possible to significantly reduce the amplitude of oscillations of the piezoelectric accelerometer (over -12 dB) and shift its resonant frequency towards higher frequencies.

That is, the use of mechanical filters significantly reduces the mechanical load on the sensor, which makes the process of measuring vibration (especially shock) more predictable.

Keywords: adaptive mechanical filter, auxiliary accelerometer, shock tests, vibrometer, mechanical filter quality factor.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ЛІНГВІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Статтю присвячено аналізу перспектив взаємодії нанотехнології й прикладної лінгвістики у сфері функціонування інформації в автоматизованих наносистемах різних типів, зокрема використанню лексичних одиниць семантичного поля – «нанотехнології», обстеженню стану лексикографічних і термінографічних джерел професійної мови в області нанотехнології і наоіндустрії в загальній системі інформаційної безпеки держави.

Сучасна інформаційна безпека формується на мікро- і нанорівнях, що сприяє знаходженню нових рішень з численними можливостями цивільного і військового застосування. Авторки доводять, що розроблення сучасних нанотехнологічних засобів дозволяє отримати потенціал, що може бути порівняний за фактором руйнівності з ударною міццю зброї масового ураження. Однією з найбільш жахливих перспектив є поява нанороботів з елементами колективного розуму, що могли б використовувати навколишнє середовище для відтворення собі подібних машин. У цьому ракурсі створювані нанотехнології виступають як новий клас озброєнь. Отже, виникає нагальна необхідність дослідження всієї парадигми нанотехнологій задля з'ясування позитивних і негативних наслідків їх використання, зокрема здійснення аналізу терміносистеми нанотехнологій і наноматеріалів, дослідження механізмів її формування, виявлення основних особливостей термінів. Актуальним вважається застосування прикладних можливостей лінгвістики за напрямками лінгвістичного забезпечення функціонування інформації в автоматизованих наносистемах різних типів. Саме лінгвістичне забезпечення (визначення мови представлення і управління інформацією) є сполучною ланкою між «природним» та інформаційним середовищем.

Ключові слова: нанотехнологія, прикладна лінгвістика, наоіндустрія, лінгвокібернетика, мововедення, когнітивна лінгвістика, безпека держави, кіберфізичні системи

Вступ та постановка проблеми. Науково-технічна революція (далі - НТР) другої половини ХХ століття сприяла якісному реформуванню продуктивних сил на основі перетворення науки на провідний чинник розвитку громадського виробництва. НТР виникла під впливом наукових і технічних відкриттів ХХ століття та зумовила високі вимоги до рівня освіти, кваліфікації, культури, організованості й відповідальності працівників. Кінець ХХ століття означений початком Третьої науково-технічної революції, пов'язаної з виникненням нанотехнології. Перші ідеї щодо можливого використання нанотехнології з'явилися ще в сімдесяті роки минулого століття в Японії і США. Так, у 1974 році на конференції Японського суспільства точного машинобудування Норіо Танігучи запропонував метод оброблення матеріалів із надвисокою (нанометровою) точністю [1]. На початку 1980-х років у книзі «Машини творення: прийдешня ера нанотехнології» К. Е. Дрекслер обґрунтував потенціал молекулярних машин і можливості контролю над синтезом складних речовин як нанотехнології – «очікуваної технології виробництва, орієнтованої на дешеве отримання пристроїв і речовин із задалегідь заданою атомарною структурою» [2]. Наукові дослідження цієї проблеми вчений представив через рік у праці «Наносистеми» [3], де обґрунтував зв'язок наномашин із законами фізики, хімії, і квантової механіки, запропонувавши використовувати для створення атомних пристроїв вуглець, а як допоміжні елементи - водень, азот, кисень, арсенід, фосфор, кремній і германій. А через п'ять років у книзі «Механізми створення» [4]

описав фізичні принципи систем молекулярного виробництва нанотехнології, що можуть оперувати окремими атомами.

У 30-х рр. ХХ століття була виявлена структура атома, з'ясовано, що він складається з ядра, навколо якого обертаються з великою швидкістю електрони, що несуть електрику; в результаті з'явилася новітня фізична теорія - квантова фізика. Це була революція в історії розвитку фізики, вона поглибила уявлення вчених про матеріальний світ. Раніше дослідження велися на рівні речовини, пізніше - на рівні атома, після відкриття структури атома і створення квантової фізики, вони перейшли на рівень елементарних частинок. Це революційний розвиток фізичної теорії значно підвищив здатність людства використовувати і перетворювати матеріальний світ. Найяскравіший вираз наукової революції ХХ століття, атомні винаходи, [5] що стали результатом появи нових технологій та відповідно - нової науки. Але найголовніше - змінили геополітичне обличчя світу, де фундаментальні дисципліни сконцентрувалися навколо таких дисциплін, як нанофізика, нанохімія, нанобіологія, наногеноміка, теоретична наномедицина, наногеологія, наноелектроніка, квантова інформатика тощо [6].

Термін «нанотехнологія» об'єднав два поняття - «нано» і «технологія». Префікс «нано» у назві фундаментальних дисциплін означає, що всі вони досліджують світ матеріальних структур і процесів, співмасштабних із нанометром, тобто з однією мільярдною часткою метра. Поняття «технологія» (грецьк. *techne* - мистецтво, майстерність, уміння + *logos* - наука) означає сукупність методів обробки, виготовлення, зміни стану (властивостей, форми) первинної сировини в процесі виробництва кінцевої продукції [6].

Нанотехнологія дозволяє здійснювати маніпуляції з речовиною на рівні з точністю 1 нанометр (1 нм = 10^{-9} м, одна мільярдна частина метра), що означає можливість керування процесами в атомарному й молекулярному масштабі. На цьому рівні розмірів зникають межі не лише між звичними основними напрямками науки (фізика, хімія, біологія), але навіть і між їх прикладними або суміжними розділами (типу матеріалознавства, механіки, електроніки, генетики й нейробіології) [7,8].

Метою дослідження є обґрунтування напрямів інтегрування лінгвістичного знання у сфері нанотехнології, аналіз перспектив взаємодії нанотехнології й прикладної лінгвістики у сфері функціонування інформації в автоматизованих наносистемах різних типів, зокрема використанню лексичних одиниць семантичного поля – «нанотехнології», обстеженню стану лексикографічних і термінографічних джерел професійної мови в області нанотехнології і наноіндустрії в загальній системі інформаційної безпеки держави.

Аналіз останніх досліджень. У даний час термін «нанотехнологія» має низку дефініцій: «Нанотехнологія – дослідження і технологічні розробки на атомному, молекулярному чи макромолекулярному рівнях у шкалі розмірів приблизно від 1 до 100 нм, що проводяться для одержання фундаментальних знань про природу явищ та властивостей матеріалів у наношкالی, а також для створення і використання структур, приладів і систем, що набувають нових якостей завдяки своїм маленьким розмірам. Нанотехнологічні дослідження та розробки включають контрольовані маніпуляції нанорозмірними структурами та їхню інтеграцію в більш великі компоненти, системи й архітектури» [3].

«Нанотехнологія - сукупність наукових знань, способів і засобів спрямованого регульованого складання (синтезу) з окремих атомів і молекул різних речовин, матеріалів та виробів із лінійним розміром елементів структури до 100 нм (1 нм= 10^{-9} м; 1 нм= 10 \AA)» [8] та інші. Але справедливо відзначити що, для системного розвитку всієї інфраструктури наноіндустрії необхідно перш за все впорядкування термінології. Необхідно визначити напрями взаємодії між нанотехнологією і лінгвістикою і в першу чергу, лексичні одиниці семантичного поля - "нанотехнології".

Швидкий розвиток нанонауки і нанотехнологій, на думку більшості експертів, визначає зміст чергового (після інформаційно-технологічного і біотехнологічного) етапу науково-технічної революції рис. 1.



Рисунок 1 – Зміна технологічних укладів і поколінь техніки

Результати, до яких можуть призвести розвиток і поширення нанотехнологій, видаються вельми радикальними за своїми наслідками і глобальними за масштабами. Причому це стосується не тільки і навіть не стільки (в силу спірності наявних прогнозів) віддалених ефектів, але насамперед найближчих, вже початківців проявлятися наслідків для зміни науково-технологічних потенціалів країн і їх глобальної конкурентоспроможності. Нанотехнологічна революція це реальність (рис. 2).

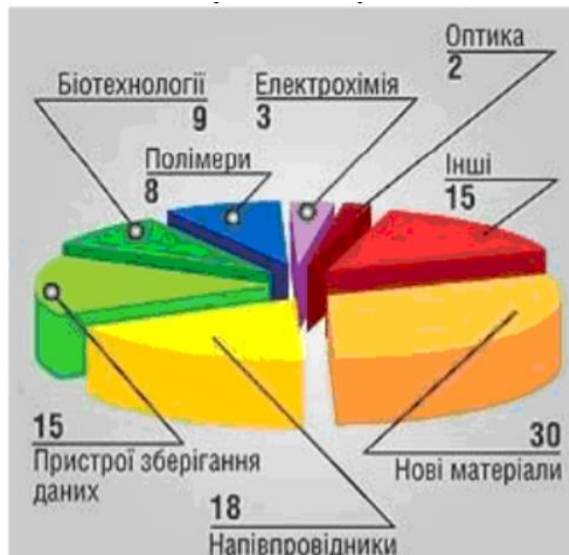


Рисунок 2 – Сфери використання нанотехнологій

Четверта промислова революція стала новим напрямом розвитку: проведена інтеграція фізичних і матеріальних світів з віртуальними інформаційними технологіями. В результаті чого з'являються нові типи систем – кіберфізичні системи [9]. Якщо раніше фахівці з інформаційної безпеки мали справу з захистом комп'ютерних систем, до яких можна віднести і мобільні пристрої, то тепер до них додалися ще фізичні пристрої, які принесли нові проблеми забезпечення інформаційної безпеки. І інтеграція даного типу систем в критично важливі галузі: атомну енергетику, хімічну промисловість, охорону здоров'я, потребує вирішення питання забезпечення кібербезпеки.

Виклад основного матеріалу. Сьогоднішні наукові пошуки здійснюються на межі наук, маргінальні дослідження призводять до найвірогідніших результатів. Ця міждисциплінарність й забезпечує схожість дослідницьких підходів у сфері нанотехнологій та суміжних лінгвістичних наук (наприклад, лінгвопрагматики, лінгвокогнітології, психолінгвістики, математичної лінгвістики тощо), що реалізується за такими параметрами:

1. Міждисциплінарний підхід до наукових пошуків, зумовленість методів дослідження системним підходом.

2. Інтеграція знань і дослідницьких підходів.

3. Залучення до наукових пошуків фахівців різних наукових галузей. Наприклад, нанотехнологія об'єднує фахівців і дослідників в області фізики, хімії, медицини, біології, математики, соціології, тощо.

4. Нанотехнологія, подібно до лінгвістики, передбачає проблемно-, а не наочно-орієнтовані дослідження. І нанотехнологія, і лінгвістика пов'язані із процесами моделювання, але для різних цілей. Провідним принципом нанотехнології є самовідтворювання аналогічного механізму іншого масштабу. Лінгвістика розглядає питання моделі різних комунікативних одиниць – від слова до дискурсу.

На порядку денному – забезпечення лінгвістичного супроводу наноіндустрії. Взаємодія фахівців цих наукових галузей може здійснюватися за різними напрямками, зокрема нагальним питанням є термінологічне забезпечення нанотехнології та наноіндустрії. Вирішити це питання можливо за умови створення:

- термінологічної бази даних нанотехнології та наноіндустрії;
- оформлення метамови цих напрямів;
- тлумачного науково-технічного словника з контекстним супроводом кількома мовами;
- різних типів електронних словників: одномовних тлумачних словників і тезаурусів, двомовних і багатомовних перекладних галузевих словників;
- системи автоматизованого перекладу (з різним ступенем автоматизованості);
- навчальних програм, орієнтованих на розвинення у здобувачів освіти іншомовних вербальних компетенцій в області професійної комунікації за напрямом «Нанотехнології, наноіндустрія».

Усі ці кроки допоможуть уникнути різного тлумачення термінів у процесі роботи над нанопроєктами, а також забезпечать підґрунтя лінгвістичної освіти й професійної комунікації майбутніх фахівців у сфері наноіндустрії.

Означеними заходами взаємодія між нанотехнологією і лінгвістикою не вичерпується [9]. Згідно прогнозам, «саме розвиток нанотехнологій визначає зовнішність ХХІ століття, подібно до того як відкриття атомної енергії, винахід лазера і транзистора визначили зовнішність ХХ сторіччя» [3]. Як відзначають експерти [10], нанотехнології призведуть до революції у сфері маніпулюванні матерією, так само, як це зробили комп'ютери у сфері інформації.

Наприклад, сьогодні актуальності набуває питання щодо управління зондовим мікроскопом, що дозволяє спостерігати за нанооб'єктами і пересувати їх. У 1985 році в США був отриманий патент щодо можливого перенесення атомів із вістря зонду СТМ на зразок. Атомно-силова мікроскопія (АСМ) була розроблена Г. Биннігом і Г. Рорером, яким за ці дослідження в 1986 році була присуджена Нобелівська премія [11,12]. Створення атомно-силового мікроскопа, здатного відчувати сили тяжіння і відштовхування, що виникають між окремими атомами, дало можливість, нарешті, «побачити» нанооб'єкти й «доторкнутися» до них. Управління мікроскопом можливо за умови мовного супроводу, що безпосередньо пов'язане з розробкою автоматизованих систем розпізнавання і розуміння мови. Наприклад, у Франції вже були пущені в експлуатацію мікроскопи, керовані голосом, коли команди мікроскопу давав комп'ютер, запрограмований на голос хірурга, який проводить операцію [13].

Комп'ютеризація інформаційної сфери стимулювала розвиток нової сфери прикладної лінгвістики – комп'ютерної, що передбачає лінгвістичне забезпечення функціонування інформації в автоматизованих системах різних типів.

Підвищення ефективності мовного інтерфейсу взаємодії з автоматизованими пристроями можливо за умови збільшення пропускної спроможності при введенні даних у пристрій під час виконання завдань, коли очі і руки оператора зайняті, у спеціальному середовищі (наприклад, за наявності радіаційного випромінювання).

Сучасні системи розпізнавання мови (у тому числі й військового призначення) включають різні мовні рівні, кожен з яких несе своє функціональне навантаження: акустичний, параметричний, лексичний, синтаксичний, семантичний і прагматичний[9].

Розпізнавання мови, засноване на аналізі акустичного сигналу, вимагає докладної акустичної характеристики сигналу. Ідентифікація конкретних слів потребує виділення всередині узагальнених класів додаткових фонетичних підкласів, так що в остаточному вигляді ієрархія фонетичних класів має форму бінарного дерева рішень. Виходячи з наявної узагальненої класифікації, пропонується процедура побудови оптимального дерева рішень.

Лінгвістичний процесор здійснює діалогову взаємодію з користувачем (експертом) на природній для нього мові (природна мова, професійна мова, мова графіки, тощо).

Призначення компонентів взаємодії полягає в наступному:

по-перше, організувати діалог користувач – експертна система, тобто розподілити функції учасників спілкування в ході кооперативного рішення завдання;

по-друге, обробити окреме повідомлення з урахуванням поточного стану діалогу, тобто здійснити перетворення повідомлення із природомовної форми у форму внутрішнього уявлення.

Функціонування автоматизованої системи потребує низки найсучасніших лінгвотехнологічних знань:

– про процес рішення задачі, тобто знання, що використовує при управлінні інтерпретатор;

– про мову спілкування і спосіб організації діалогу, використовувани лінгвістичним процесором;

– про спосіб уявлення і модифікації знань, використовувани компонентом придбання знань;

– щодо управління, використовувани пояснювальною компонентом (структурні знання).

Вимоги до мовного супроводу нанотехнологічного процесу зумовлені такими чинниками:

– завданнями нанотехнологічного процесу, визначеними способами і методами рішення;

– вимогами до мови спілкування і організації діалогу;

– обмеженнями щодо кількості результатів і способів їх отримання;

– ступенем спільності/конкретності знань про проблемну область, що доступна користувачеві.

Таким чином, лінгвокібернетика як наука про загальні закони отримання, зберігання, передачі і перетворення лінгвістичної інформації в складних керованих системах, охоплює не тільки технічні, але також і будь-які біологічні і соціальні системи.

Лінгвокібернетичні системи майбутнього, що призначені для виконання широкого класу функцій управління і реалізуються за допомогою електронно-обчислювальної машини, мають низку особливостей, що можуть бути співвіднесені з властивостями систем управління, що є притаманними живим організмам.

Існуючі сьогодні пристрої багато в чому поступаються людині, хоча й починають перебирати деякі функції інтелекту людини. Сучасними електронно-обчислювальними машинами (ЕОМ) може сприйматися і перероблятися різна інформація (числова, символна), у тому числі й інформація, необхідна для створення образів навколишнього світу.

У зв'язку з цим особливого значення набуває галузь кібернетики - мововедення, яка пов'язана з мовою, розвиток якої активізується просунутим рівнем нових інформаційних технологій.

При конструюванні нанокомп'ютерів вирішуються завдання, що передбачають розподіл функцій нейронів у процесі мислення, а, отже, і мовних операцій. Використання лінгвістичних підходів до вирішення цієї проблеми сприятиме розвитку когнітивної лінгвістики як інтегральної науки про когнітивні процеси у свідомості людини, що забезпечують оперативне

мислення та пізнання світу та когнітивні механізми та структури людської свідомості досліджує через мовні явища [13].

Розвинення й впровадження в практику нанотехнології може забезпечити прогрес в усіх сферах життєдіяльності людини. Можна з упевненістю стверджувати, що в цьому столітті нанотехнологія стане стратегічним напрямом розвитку науки і техніки, що зажадає фундаментальної перебудови існуючих технологій виробництва промислових виробів, лікарських препаратів, систем озброєння й тощо, а також зумовить глибокі перетворення в організації систем енергопостачання, охороні довкілля, транспорті, зв'язку, обчислювальній техніці [13].

Розроблення нанокомп'ютерів передбачає міждисциплінарний підхід, зокрема інтегрування таких напрямів:

- біоінформатики;
- нейроінформатики;
- розпізнавання слухових і зорових образів;
- когнітивної психології;
- штучного інтелекту;
- нейрофізіології;
- нейролінгвістики;
- лінгвокібернетики.

Таке інтегрування зумовлено тим, що «в рамках біоінформаційного наукового напрямку передбачається розроблення й розвинення біоінформаційних технологій для виробництва біокомп'ютерних антропоморфних засобів» [14]. Такі біокомп'ютери (суміщені з організмом людини штучні засоби) здатні, наприклад, до навчання, можуть бути створені на основі складних молекулярних структур і наноструктур із реалізацією навчання по алгоритмах навчання штучних нейтронних мереж.

Біоінформаційні знання дозволять розробити і створити принципово нові засоби, що забезпечують, наприклад, ефективний розвиток і функціонування когнітивною, рефлексією, і інших, зокрема, можливо нових систем людини [15].

Даний підхід, природно, включає облік лінгвокогнітивного механізму отримання, зберігання, перероблення й передавання мовних образів у процесі мововідтворення і мовосприймання вербальної інформації.

Таким чином, принципове значення для розвинення підходів щодо створення нанокомп'ютерів має розроблення моделі функціонування нейтронних мереж на рівні мововідтворення і мовосприймання, а так і кодування-декодування семантичної інформації [14].

Тому можна стверджувати, що взаємодія між нанотехнологіями і лінгвістикою реальна, перспективна і вимагає глибокого розуміння як з боку фахівців у галузі нанотехнології, так і з боку фахівців у галузі фундаментальної і прикладної лінгвістики.

Висновки. Перспективи взаємодії нанотехнології і лінгвістики зараз можуть бути сформульовані за такими напрямками:

- 1) розроблення лінгвістичного забезпечення інформаційного поля в області нанотехнологій;
- 2) створення автоматизованих систем управління за допомогою голосу і мови стосовно нанороботів-наноманіпуляторів;
- 3) формування лінгвокогнітивного механізму, що забезпечує високу ефективність функціонування нанокомп'ютерів.

Сьогодні світ входить в новий етап розвитку інформаційних і комунікаційних технологій, що визначатиме економічне зростання і сталий розвиток світу в наступні десятиліття. У майбутньому люди, системи і об'єкти будуть взаємодіяти безперешкодно один з одним в сценаріях інтернету речей. Мовний супровід цих процесів набуватиме все більшої актуальності, що зумовить розквіт прикладної лінгвістики та її інтегрування у сферу нанотехнологій.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Uskoković, V. I. Entering the era of nanoscience: time to be so small. *Nanotechnol.* N 9. 2013. p.p. 1441–1470.
2. Drexler, K.E. Molecular nanomachines: physical principles and implementation strategies. *Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct.* 1994. P.377–405.
3. Drexler, K.E. Engines of creation. The Coming Era of Nanotechnology. New York, Anchor Books Double-day. 1986. P. 299.
4. Taniguchi, N. On the Basic Concept of «Nano-Technology». Tokyo. Japan Society of Precision Engineering, 1974.
5. Ehrlich, G. Small objects - big ideas. A broad look at nanotechnology Moscow. Binom. 2011. P.254.
6. Ratner, M., Ratner. D. Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea. Moscow. Williams. 2006. C. 240.
7. Movchan, B.A. Electron beam hybrid nanotechnology for deposition of inorganic materials in vacuum. *Actual problems of modern materials science.* Kiev, *Akadempriodika*, 2008, P.227–247.
8. Poole, C., Owens, F. Nanotechnology. Moscow. Technosphere. 2006. P.336
9. Heltier, H., Zippl W., Ronyan, D., Volkers, G. *Molecular Modeling: Theory and Practice. Molecular Modeling: Basic Principles and Applications.* Moscow. Binom. 2012. P. 319.
10. Whitesides, D., Eigler, D., Anders, R. Nanotechnology in the next decade: forecasting the direction of research. Moscow. Peace. 2002. C. 291. Харченко, В.К. Лингвосенсорика: Фундаментальные и прикладные аспекты. Москва. Книжный дом «Либроком». 2012. P.216
11. Dovgy, SO Nobel Prize winners 1901–2001: encyclopedic reference book. Kiev. Ukr. publishing center. 2001. P.768
12. Chekman, IS Nobel family. Kiev. NPV "Cooperative". 2007. P. 152
13. Chernytska, TV Current trends in the world market of nanotechnology in the global environment. *Bulletin of Chernihiv State Technological University. Series. Economic sciences.* Vip. 1 2013. C154–158.
14. Zelenin, VV On the other side of the truth: neurolinguistic programming as a weapon of information and propaganda war: a textbook. Kyiv, Fierce case. 2015. P. 384.

REFERENCES:

1. Uskoković, V. I. Entering the era of nanoscience: time to be so small. *Nanotechnol.* N 9. 2013. p.p. 1441–1470
2. Drexler, K.E. Molecular nanomachines: physical principles and implementation strategies. *Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct.* 1994. P.377–405.
3. Drexler, K.E. Engines of creation. The Coming Era of Nanotechnology. New York, Anchor Books Double-day. 1986. P. 299.
4. Taniguchi, N. On the Basic Concept of «Nano-Technology». Tokyo. Japan Society of Precision Engineering, 1974.
5. Ehrlich, G. Small objects - big ideas. A broad look at nanotechnology Moscow. Binom. 2011. P.254.
6. Ratner, M., Ratner. D. Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea. Moscow. Williams. 2006. C. 240.
7. Movchan, B.A. Electron beam hybrid nanotechnology for deposition of inorganic materials in vacuum. *Actual problems of modern materials science.* Kiev, *Akadempriodika*, 2008, P.227–247.
8. Poole, C., Owens, F. Nanotechnology. Moscow. Technosphere. 2006. P.336
9. Heltier, H., Zippl W., Ronyan, D., Volkers, G. *Molecular Modeling: Theory and Practice. Molecular Modeling: Basic Principles and Applications.* Moscow. Binom. 2012. P. 319.
10. Whitesides, D., Eigler, D., Anders, R. Nanotechnology in the next decade: forecasting the direction of research. Moscow. Peace. 2002. C. 291. Харченко, В.К. Лингвосенсорика: Фундаментальные и прикладные аспекты. Москва. Книжный дом «Либроком». 2012. P.216
11. Dovgy, SO Nobel Prize winners 1901–2001: encyclopedic reference book. Kiev. Ukr. publishing center. 2001. P.768
12. Chekman, IS Nobel family. Kiev. NPV "Cooperative". 2007. P. 152
13. Chernytska, TV Current trends in the world market of nanotechnology in the global environment. *Bulletin of Chernihiv State Technological University. Series. Economic sciences.* Vip. 1 2013. C154–158.
14. Zelenin, VV On the other side of the truth: neurolinguistic programming as a weapon of information and propaganda war: a textbook. Kyiv, Fierce case. 2015. P. 384.

**Prof. Komarova L.O., Prof. Lienkov C.V., Ph.D. Doroshenko T.V., Solodeeva L.V.
ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF LINGUISTIC SUPPORT OF CYBERPHYSICAL
SYSTEMS OF NANOTECHNOLOGIES**

The article deals with analyses of prospects for relationship between nanotechnology and applied linguistics in the field of information functioning in automated nanosystems of various types, including the use of lexical units of the semantic field - nanotechnology; to review the state of lexicographic and terminological sources of professional language in the field of nanotechnology and nanotechnology industry in the general system of information security of the state.

Modern information security is formed at the micro- and nano-levels, which contributes to finding new solutions with numerous possibilities of civil and military application. The authors prove that the development of modern nanotechnological devices allows to obtain a potential that can be comparable with the factor of ruinability of the mass destruction weapon. One of the most frightening prospects is the emergence of nanorobots with elements of collective intelligence, which could use the natural environment for the creation of similar machines. From this perspective, the nanotechnologies being created are a new class of armaments. Therefore, there is a general need to investigate the whole paradigm of nanotechnology in order to identify positive and negative effects of their use, In particular, the analysis of nanotechnology and nanomaterials therminosystems, examination of the mechanisms of their formation, and identification of the main features of the terms. The use of applied possibilities of linguistics for linguistic support of information functioning in automated nanosystems of various types is considered actual. The linguistic support (determining the language of representation and information management) is a spliced link between the "natural" and the information environment.

Keywords: nanotechnology, applied linguistics, nanoindustry, linguocybernetics, behavioral science, cognitive linguistics, state security, cybernetic systems.

ВПЛИВ МЕТОДУ АДАПТИВНОГО САМОДІАГНОСТУВАННЯ НА ПРОЦЕС ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ВІДМОВ МОДУЛІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА

У роботі продовжуються дослідження властивості функціональної стійкості. Під функціональною стійкістю розуміється властивість інформаційної системи зберігати функціонування, можливо із зменшенням якості, протягом вказаного часу під впливом зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів. Під зовнішніми та внутрішніми дестабілізуючими факторами розуміються відмови, збої модулів системи, механічні пошкодження, теплові впливи, помилки обслуговуючого персоналу. Основними етапами забезпечення функціональної стійкості є виявлення модуля, який відмовив при контролі, діагностування модуля, який відмовив та відновлення функціонування інформаційної системи підприємства. Особливістю інформаційних систем підприємств є те що вони повинні функціонувати автономно. За їх допомогою можна забезпечити підвищення продуктивності праці усіх виробничих центрів при зменшенні числа зайнятих у виробництві людей та значному зменшенні частки ручної праці.

У роботі досліджується, як на основі функціональної залежності ймовірності пропуску відмов від певного значення ймовірності при різних значеннях ймовірність помилки контролю другого роду можна визначити рекомендований інтервал видачі результату, який забезпечить, при даній інтенсивності контролю готовності допустиму ймовірність пропуску відмови. Ілюструється як при заданій інтенсивності видачі результату можна визначити таку інтенсивність контролю готовності при якій ймовірність пропуску не буде перевищувати максимально допустимого значення. Показано, що можна говорити про слабку залежність ймовірності пропуску від помилки контролю другого роду, що означає, що досягнення заданої достовірності контролю забезпечується на основі інтенсивності контролю готовності і менше залежить від достовірності окремих елементарних перевірок. Для випадку коли в проміжках між моментами видачі результату системою контроль готовності модулів відбувається випадковим чином описано методу розрахунку ймовірності пропуску.

Ключові слова: функціональна стійкість, діагностування, адаптивне діагностування, структура перевірочних зв'язків, синдром, контроль готовності.

Вступ та постановка задачі. Розвиток сучасного суспільства вимагає інтенсивного розвитку інформаційних технологій з високим ступенем автономності. Особливо гостро ця проблематика стосується виробничих підприємств, які функціонують в умовах впливу екстремальних факторів. Серед таких підприємств вирізняються підприємства металургії, енергетики, хімічної промисловості тощо. Функціонування виробничих підрозділів таких підприємств забезпечують інформаційні системи різного типу. За допомогою цих систем здійснюється планування та контроль усіх процесів [1]. Вони працюють в автономному режимі під впливом зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів [2–4]. За допомогою інформаційних систем підприємства (ІСП) можна забезпечити підвищення продуктивності праці усіх виробничих центрів при зменшенні числа зайнятих у виробництві людей та значному зменшенні частки ручної праці [5,6]. Системи постійно модернізуються завдяки інтенсифікації капіталовкладень у виробничий процес.

Аналіз останніх досліджень. Як вже було підкреслено, інформаційні системи підприємств функціонують в умовах впливу зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів. За негативного впливу модулі систем можуть виходити з ладу. Проте, системи повинні функціонувати в автономному режимі протягом заданого часу. Таку умову функціонування можна виконати завдяки забезпеченню властивості функціональної стійкості. Функціональна стійкість – це запорука функціонування інформаційної системи, можливо із

зменшенням якості, протягом вказаного часу під впливом зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів [8,9]. Під зовнішніми та внутрішніми дестабілізуючими факторами розуміються відмови, збої модулів системи, механічні пошкодження, теплові впливи, помилки обслуговуючого персоналу. Основними етапами забезпечення функціональної стійкості є виявлення модуля, який відмовив при контролі, діагностування модуля, який відмовив та відновлення функціонування інформаційної системи підприємства.

Відтак однією з найголовніших передумов забезпечення функціональної стійкості є побудова ефективної системи діагностування та самодіагностування ключових агрегатів на кожному виробничому центрі виробничого підприємства [7].

Метою роботи є розробка методу діагностування складних технічних систем. Основна відмінність запропонованого методу полягає в новому підході до виконання процедури діагностування інформаційної системи підприємства. Основна суть якого полягає в такому:

по-перше, процедура діагностування може бути закінчена в будь який момент часу; по-друге, вільному виборі модуля, який приймає рішення про стан інформаційної системи підприємства.

Виклад основного матеріалу. Коли система працює за призначенням перевірки відбуваються випадковим чином. Випадковість стосується вибору пари модулів, що перевіряють один одного та часу перевірки між ними. Тому після деякого часу в інформаційній системі може бути здійснено довільну кількість елементарних перевірок. Оцінка стану інформаційної системи підприємства на основі елементарних перевірок може бути представлена у вигляді двох методів:

- методу самоконтролю;
- методу адаптивного самодіагностування.

Адаптивність полягає в тому, що даний метод пристосовується до відмовної ситуації в інформаційній системі. При цьому діагностична інформація про стан модулів накопичується хаотичним чином. Обсяг такої інформації залежить від відмовної ситуації. Після накопичення інформації про стан системи отримана інформація обробляється і виявляється несправність із достовірністю не нижче заданої.

Метод самоконтролю використовуємо з метою перевірки наявності в інформаційній системі несправних модулів [10]. У випадку виявлення несправних модулів використовується метод адаптивного самодіагностування. На основі даного методу локалізується знаходження несправного модуля інформаційної системи підприємства.

Однією із задач є визначення моменту закінчення роботи методу самоконтролю і видачі результату у випадку коли, результат всіх елементарних перевірок показує, що несправні модулі відсутні. При цьому результат контролю має певну достовірність, яка залежить від надійності модулів інформаційної системи та кількості виконаних перевірок.

Під час функціонування інформаційної системи підприємства за призначенням модулі системи окрім основних задач виконують взаємні перевірки [11]. Період часу між двома послідовними видачами результату контролю інформаційної системи назовемо циклом самоконтролю. Цикл виконується або заданий час або задану кількість разів. Якщо під час виконання циклу самоконтролю не було отримано жодної елементарної перевірки, результат якої свідчить про наявність несправності в модулях системи, то видається результат самоконтролю тобто інформація, що система працює в штатному режимі. Після видачі результатів самоконтролю починається новий цикл перевірок. У випадку, коли під час виконання методу самоконтролю один з результатів елементарних перевірок виявляє несправність, то цикл самоконтролю припиняється і розпочинається робота методу адаптивного самодіагностування.

В залежності від того, який момент часу приймається за початок процедури адаптивного самодіагностування, можливі дві стратегії адаптивного самодіагностування.

Перша стратегія. Метод адаптивного самодіагностування починається в момент початку останнього циклу самоконтролю t_k . При цьому враховуються елементарні перевірки виконані за час t . Згідно даної методики після появи результату елементарної перевірки, що

показує наявність несправності в інформаційній системі підприємства, результати отримані до цього часу не аналізуються й апріорні ймовірності справного стану модулів системи на момент часу t_0 не визначаються. Дешифрація синдрому здійснюється після закінчення роботи методу адаптивного самодіагностування.

Друга стратегія. Метод адаптивного самодіагностування починається в момент часу t_0 . На основі результатів елементарних перевірок, які виконані за час τ , визначаються апріорні ймовірності справності модулів інформаційної системи підприємства. Після виконання методу адаптивного самодіагностування обчислюються апріорні ймовірності справного та несправного стану модулів на основі якого формується результат адаптивного самодіагностування та визначається його достовірність.

Розробка методу адаптивного самодіагностування інформаційної системи підприємства. Важливим є випадок коли допускається робота несправного модуля на протязі деякого часу, а також коли відключення підозрілої пари від виконання роботи і забезпечення їхньої участі тільки в елементарних перевірках (з обмеженням на перевірки між ними) викликає деякі складності. За таких обставин стає можливим застосувати відмінну від вищезгаданих стратегій.

Третя стратегія адаптивного самодіагностування: після отримання одиничного результату однією з елементарних перевірок процедура виконання взаємних перевірок в інформаційній системі підприємства продовжується на протязі наперед заданого часу t_d .

Після завершення даного часу проводиться аналіз отриманого синдрому на основі якого або вказується несправний модуль (у випадку коли достовірність діагностування менше заданої), або процедура виконання елементарних перевірок продовжується, або виключається пара підозрілих модулів. Час t_d визначається з розрахунку отримання *структури перевірочних зв'язків* (СПЗ), яка характеризується встановленою достовірністю діагностування (ймовірністю правильного самодіагностування).

Адаптивне самодіагностування, яке ґрунтується на виключенні підозрілої пари модулів від виконання поточних завдань також зводиться до отримання СПЗ з заданими характеристиками. Проте, в даному випадку при визначенні ймовірності утворення характерної СПЗ необхідно враховувати обмеження на виконання елементарних перевірок, що ускладнює дану задачу.

Розглянемо метод адаптивного самодіагностування заснований на третій стратегії.

Припускається, що однієї елементарної перевірки достатньо щоб визначити стан модуля, що перевіряється при умові коли перевіряючий модуль справний. Тоді для виконання методу адаптивного самодіагностування необхідно ідентифікувати структуру перевірочних зв'язків в якій справні модулі перевіряють усі інші модулі інформаційної системи підприємства. Ймовірність правильного адаптивного самодіагностування P_{AS} розглядається як ймовірність утворення такої структури перевірочних зв'язків.

Визначення ймовірності правильного адаптивного самодіагностування. Серед всіх модулів системи визначимо групу модулів (домінуючу підмножину), яка буде перевіряти всі інші модулі інформаційної системи підприємства. Таку структуру перевірочних зв'язків (СПЗ) назвемо достатньою структурою. Якщо ця домінуюча підмножина виявиться справною, то результат адаптивного самодіагностування буде правильним.

Процедура правильного адаптивного самодіагностування є складною та визначається двома подіями:

- подія, суть якої полягає в тому, що буде утворена достатня СПЗ (структура з необхідною кількістю вершин, які утворюють домінуючу підмножину);
- подія, суть якої полягає в тому, що домінуючі модулі після дешифрації синдрому будуть визнані справними.

Нехай $X_i, i=1,2,\dots,n, n \in N$ подія утворення СПЗ, де домінуючою підмножиною є множина з i модулів. Для кожного значення i визначається мінімальна домінуюча структура $G_i(D_i, T_i)$, яка є частиною графа $G(D, T)$ та задовольняє наступні властивості:

1. $|V_i| = i, T_i \subseteq T$
2. Будь-яка вершина з \bar{D}_i отримує хоча б одне ребро з D_i .
3. Видалення будь-якого ребра з T_i суперечить властивості 2.

Оскільки структур з домінуючою підмножиною модулів можна утворити декілька, то ймовірність P_{AS} визначається наступним чином

$$P_{AS} = P\{Y_1 \cup Y_2 \cup \dots \cup Y_n\},$$

де $Y_i, i = 1, 2, \dots, n, n \in N$ – подія, яка полягає в тому, що в результаті виконання елементарних перевірок утворюється структура G_i зі справною домінуючою підмножиною модулів D_i .

Оскільки події Y_1, Y_2, \dots, Y_n сумісні та незалежні має місце рівність

$$P_{AS} = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P(Y_i)]. \quad (1)$$

Ймовірність $P(Y_i), i = 1, \dots, n$ можна представити у вигляді

$$P(Y_i) = P\{Z_{i1} \cup Z_{i2} \cup \dots \cup Z_{im}\},$$

де Z_{ij} – подія, суть якої полягає в тому, що в результаті виконання елементарних перевірок утворюється структура G_{ij} зі справною домінуючою підмножиною модулів D_j , яка складається з i модулів.

Події $Z_{ij}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$ сумісні та незалежні. Тому для ймовірності $P(Y_i)$ можна записати

$$P(Y_i) = 1 - \prod_{j=1}^m [1 - P(Z_{ij})].$$

Ймовірність події Z_{ij} для системи, яка складається з однакових модулів визначається

$$P(Z_{ij}) = P_M^i \cdot R(G_{ij}),$$

де P_M – ймовірність справного стану модулів інформаційної системи підприємства $R(G_{ij})$ – ймовірність утворення структури $G_{ij}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, n, m \in N$.

Ймовірність утворення достатніх структур перевірочних зв'язків. В якості вихідної інформації для визначення достатніх структур можуть використовуватись:

- кількість перевірок в інформаційній системі підприємства;
- значення локальних степенів вершин діагностичного графу ІСП;
- матриця суміжності діагностичного графу (ДГ).

Якщо матриця суміжності ДГ не відома, то тоді потрібно використати ймовірнісний підхід до визначення наявності в ДГ достатніх структур.

Ймовірність утворення достатніх структур G_{ij} на основі використання локальних степенів вершин ДГ може бути визначена при наступних умовах:

- 1) обмежень на виконання елементарних перевірок немає;
- 2) є лише одне обмеження на виконання елементарних перевірок – не допускаються кратні ребра в ДГ;
- 3) є два обмеження на виконання елементарних перевірок – це не допускаються кратні ребра в ДГ і якщо $v_j \in \Gamma(v_i)$, то $v_i \notin \Gamma(v_j)$ для $i, j = 1, \dots, N, i \neq j, v_i, v_j \in V$, де V – множина вершин ДГ;
- 4) є обмеження – в ДГ не повинно бути ребер між вершинами v_i та v_j .

Для випадків 1)–4) вважаємо, що вершини не мають петель тобто виключаємо можливість самоперевірки модуля.

Для випадку коли не має обмежень на виконання елементарних перевірок основною для визначення ймовірності $R(G_{ij})$ є наступна формула

$$s = \sum_{i=1}^{\omega} \alpha_i^+ - \Omega,$$

де s – кількість ребер, що йде від домінуючої підмножини вершин D_i до вершин графа G_{ij} , які залишилися; ω – кількість вершин в домінуючій підмножині D_i ; α_i^+ – кількість ребер, що виходять з i -тої вершини графа G_{ij} ; Ω – сумарна кількість взаємних перевірок між модулями, які утворюють домінуючу підмножину D_i .

В якості додаткового графа розглянемо граф H_{ij} , який утворюється з графа G_{ij} шляхом додавання ребра в граф, що утворює домінуючу підмножину вершин D_i . Таким чином щоб ця частина $G(D_i)$ представляла повний граф.

Позначимо ребра в графі H_{ij} через b_{ij} і поставимо їм у відповідність випадкові величини ζ_{ij} . Випадкова величина ζ_{ij} може приймати значення

$$\zeta_{ij} = \begin{cases} 1 & \exists(v_i, v_j), \quad v_i, v_j \in V_H; \\ 0 & \bar{\exists}(v_i, v_j), \quad v_i, v_j \in V_H, \end{cases} \quad (2)$$

де V_H – множина вершин графа H_{ij} .

Далі складемо наступну суму

$$\zeta_{ij} = \zeta_{ij}^{(1)} + \zeta_{ij}^{(2)} + \dots + \zeta_{ij}^{(k)}, \quad (3)$$

для всіх $i, j : v_i, v_j \in V_H, i \neq j$, де $\zeta_{ij}^{(l)}$ – випадкова величина, яка приймає значення 0 або 1 в залежності від того виконана чи ні елементарна перевірка τ_{ij} в l -му випробуванні. Тут під випробуванням розуміється випадковий процес утворення перевірочних зв'язків між модулями інформаційної системи підприємства в проміжку часу τ .

Величина інтервалу часу τ вибирається за умови $t_{en} < \tau < \alpha$, де α – середній час зайнятості модуля системи. Експеримент повторюється k разів. Отже, загальний час накопичення елементарних перевірок складає $k\tau$.

Оскільки в кожній елементарній перевірці задіяно два модуля, то максимально в кожному експерименті може бути виконано q перевірок, де

$$q = \left\lfloor \frac{\omega}{2} \right\rfloor.$$

Для визначення ймовірності утворення достовірних структур перевірочних зв'язків розглянемо випадок коли в системі може бути виконано не більше однієї елементарної перевірки одночасно.

Представимо ліві частини сум (3) у вигляді прямокутної матриці $[\zeta_{ij}]$ і виберемо з кожного її стовпця 0 або 1 елемент. Визначимо загальне число γ різних варіантів вибору елементів матриці розмірності $[r \times k]$ (по 0 або 1 з кожного стовпця матриці $[\zeta_{ij}]$). Для цього спочатку розглянемо кількість варіантів в яких є 1 елемент, 2 елементи, ..., k елементів.

Позначимо дані величини через Q_1, Q_2, \dots, Q_k . Можна показати, що

Позначимо таку ймовірність R_{S_β} . Вона знаходить повторні випадки розподілу, коли кожний експеримент може мати $M = N - \omega$ виключаючи один одного з рівними ймовірностями $P = \frac{1}{M}$. В даному випадку під експериментом розуміється розподіл одного ребра між вершинами, які не входять в D_i .

Ймовірність R_{S_β} можна знайти наступним чином

$$R_{S_\beta} = \sum P_{m_1, m_2, \dots, m_M; S_\beta}, \text{ де } \prod_{i=1}^M m_i \geq 1, \quad \sum_{i=1}^M m_i = S_\beta. \quad (10)$$

Сума поширюється на всі можливі способи розбиття числа S_β на M доданків m_1, m_2, \dots, m_M ($0 \leq m_j \leq S_\beta, j = 1, \dots, M$). Сумовані ймовірності дорівнюють

$$P_{m_1, m_2, \dots, m_M; S_\beta} = \frac{S_\beta!}{m_1! m_2! \dots m_M!} \cdot \frac{1}{M^{S_\beta}}.$$

Для розглянутого випадку ймовірність $R(G_{ij})$ знаходиться за формулою повної ймовірності

$$R(G_{ij}) = \sum_{S_\beta=M}^K R_{S_\beta} \cdot P_{S_\beta},$$

де ймовірності R_{S_β} та P_{S_β} знаходяться з виразів (8) та (9) відповідно.

Значення ймовірності $R(G_{ij})$, яке характеризує СПЗ та кількісний показник надійності окремих модулів інформаційної системи підприємства дозволяє визначити ймовірність правильного адаптивного самодіагностування P_{AS} .

Таким чином, на основі проведених досліджень отримано ймовірність P_{AS} , яка характеризує достовірність адаптивного самодіагностування і є початковою величиною для організації методу адаптивного самодіагностування інформаційної системи підприємства.

Дослідження впливу методів контролю та адаптивного самодіагностування на процес попередження наслідків відмов модулів інформаційної системи підприємства.

В більшості випадків функціональний контроль системи здійснюється завдяки забезпеченню неперервного контролю обчислювального процесу (КОП). Типовим прикладом такого контролю є використання мажоритарних структур. Однак, для неперервного контролю обчислювального процесу характерні всі недоліки функціонального контролю ІСП. Тому потрібно використовувати інші типи контролю.

Одним зі способів вирішень проблеми контролю на протязі часу коли ІСП використовується за призначенням є перехід від неперервного КОП до часткового або періодичного. Такий контроль може бути виконаний на основі апаратних і програмних способів контролю. При частковому контролі обчислювального процесу є ймовірність неправильного розв'язання задачі. Проте, з'являється можливість організації взаємного контролю (контролю готовності (КГ)) модулів ІСП. Це дозволяє значно зменшити ймовірність видачі неправильного результату модулями ІСП.

Ймовірність видачі неправильного результату позначимо через P_r та визначимо таким способом

$$P_r = P\{A_1 \cup A_2\} = P_{A_1} + P_{A_2},$$

де

$$P_{A_1} = P_{X_0} P(X_1 / X_0) P(X_2 / X_0 X_1) P(X_3 / X_0 X_1 X_2); \quad (11)$$

$$P_{A_2} = P_{\bar{X}_0} P(X_1 / \bar{X}_0) P(X_2 / \bar{X}_0 X_1) P(X_3 / \bar{X}_0 X_1 X_2). \quad (12)$$

Через $X_0, \bar{X}_0, X_i, i=1,2,3$ позначимо події: X_0 – інформаційна система підприємства несправна; X_1 – в результаті контролю готовності (КГ) ІСП визнана справною; X_2 – виникає порушення обчислювального процесу; X_3 – в результаті виконання КОП відхилень в результатах обчислювального процесу не виявлено. Ймовірності в формулах (11) та (12) дорівнюють відповідно

$$P_{X_0} = 1 - P_0; \quad P(X_1 / X_0) = \beta; \quad P(X_2 / X_0 X_1) = P_1; \quad P(X_3 / X_0 X_1 X_2) = P_w; \quad (13)$$

$$P_{\bar{X}_0} = P_0; \quad P(X_1 / \bar{X}_0) = 1 - \alpha; \quad P(X_2 / \bar{X}_0 X_1) = P_s; \quad P(X_3 / \bar{X}_0 X_1 X_2) = 1 - P_w. \quad (13')$$

В формулах (13) – (13') прийняті наступні позначення: P_0 – ймовірність справного стану ІСП в деякий момент часу; P_1 – ймовірність виникнення порушень обчислювального процесу внаслідок апаратної несправності ІСП. В загальному випадку $P_1 \rightarrow 1$; P_s – ймовірність порушення обчислювального процесу внаслідок випадкових збоїв; α – ймовірність помилки контролю першого роду (хибна тривога); β – ймовірність помилки контролю другого роду (прохід відмови); P_w – ймовірність виявлення відхилень в результаті обчислювального процесу при виконанні КОП. Тоді

$$P_r = (1 - P_0)(1 - P_w)\beta + (1 - \alpha)(1 - P_w) \cdot P_0 \cdot P_s. \quad (14)$$

У випадку, коли контроль готовності ІСП виконується на основі результатів взаємних перевірок між модулями системи можна вважати, що $\alpha = 0$, а $\beta = 1 - D$, де D – достовірність контролю. З врахуванням цього, (14) набуває вигляду

$$P_r = K + B - KD, \quad (14')$$

де

$$K = (1 - P_0)(1 - P_w); \quad B = (1 - P_w)P_0P_s.$$

Відтак, має місце твердження.

Твердження 1. *Ймовірність видачі неправильного результату слідуючи (14') можна представити у вигляді функціональної залежності від достовірності контролю, тобто $P_r = \varphi(D)$. При чому зменшення ймовірності P_w на деяку величину ω призведе до збільшення ймовірності P_r на деяку величину μ , де $\mu = (1 - P_0)\omega + \xi$ при $D = 0$ і на $\xi = P_0P_s\omega$ при $D = 1$.*

Отже, при високій достовірності контролю системи $D \rightarrow 1$ можна понизити вимоги до КОП і при цьому ймовірність P_r збільшиться несуттєво (на величину ξ).

У випадку коли в проміжках між моментами видачі результату системою *контроль готовності* (КГ) модулів відбувається випадковим чином, то ймовірність $P(X_1 / X_0)$ обчислюється за наступною методикою.

Крок 1. Вихідна ймовірність представляється у вигляді

$$P(X_1 / X_0) = P\{E_1 \cup E_2\} = P_{E_1} + P_{E_2},$$

де E_1 – подія того, що в інтервалі часу R не буде контролю готовності ($S = 0$); E_2 – подія того, що в інтервалі часу R буде контроль готовності S ($S \neq 0$) та відмова не буде знайдена.

Крок 2. Кількість КГ, які можна виконати за час R , знаходиться як число відновлень за випадковий час. В даному випадку S можна знайти як

$$G(z) = \int_0^{\infty} G(t, z) f_R(t) dt, \quad (15)$$

де $f_R(t)$ – щільність розподілу випадкової величини R . В рівності (15) через $G(t, z)$ позначена твірна функції випадкової величини N_t (число КГ в інтервалі $(0, t)$).

Крок 3. Для випадку коли інтенсивність виникнення відмов стала, щільність розподілу випадкової величини R в інтервалі часу $[t_i, t_{i+1}]$ також стала й дорівнює

$$f_R(t) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta t}, & \text{при } t \leq \Delta t \\ 0, & \text{при } t > \Delta t, \end{cases} \quad (16)$$

де $\Delta t = t_{i+1} - t_i, t \geq 0$.

Крок 4. Для інформаційних систем підприємств з більшим числом модулів можна вважати, що випадкові величини проміжків часу між сусідніми КГ мають показниковий розподіл з параметром μ . Тому перетворення Лапласа твірної функції $G(t, z)$ має вигляд

$$G(p, z) = \frac{1}{p + \mu(1 - z)}.$$

Перетворення $G(p, z)$ дозволяє отримати твірну функцію $G(t, z)$. Після підстановки $G(t, z)$ в (15) з врахуванням (16) отримаємо

$$G(z) = \frac{1}{\mu \Delta t (1 - z)} \left[1 - e^{-\mu \Delta t (1 - z)} \right].$$

Крок 5. Ймовірності P_{E_1} і P_{E_2} знаходяться як коефіцієнти при відповідних степенях Z^S розкладу функції $G(z)$ в ряд за степенями z .

$$P_{E_1} = G(0) = \frac{1 - e^{-\mu \Delta t}}{\mu \Delta t},$$

$$P_{E_2}(s) = f_s = \frac{1}{s!} \left. \frac{d^s G(z)}{dz^s} \right|_{z=0}.$$

Ймовірність того, що в інтервалі часу R буде S ($S \neq 0$) КГ і відмова не буде виявлена можна обчислити за формулою повної ймовірності

$$P_{E_2} = \sum_{s=1}^L P_{E_2}(s) \beta^s.$$

Крок 5. Тоді шукана ймовірність $P(X_1 / X_0)$ обчислюється як

$$P(X_1 / X_0) = P_{E_1} + P_{E_2} = \frac{1 - e^{-\mu \Delta t}}{\mu \Delta t} + \sum_{s=1}^L \frac{1}{s!} \left. \frac{d^s G(z)}{dz^s} \right|_{z=0} \times \beta^s.$$

Необхідно зауважити, що оскільки значення β мале, то із збільшенням S функція $P_{E_2}(s) \beta^s$ швидко спадає. Тому можна обмежитися першими двома членами тобто $S = 1$ і $S = 2$. Відтак

$$P(X_1 / X_0) = \frac{1 - e^{-\mu \Delta t}}{\mu \Delta t} + \frac{1 - e^{-\mu \Delta t} (1 + \mu \Delta t)}{\mu \Delta t} \beta + \frac{2 - (2 + 2\mu \Delta t + \mu^2 \Delta t^2) e^{-\mu \Delta t}}{\mu \Delta t} \beta^2.$$

На основі функціональної залежності ймовірності пропуску відмов від значення $\mu \Delta t$ при різних значеннях β можна визначити рекомендований інтервал видачі результату Δt , який забезпечить, при даній інтенсивності КГ (μ) допустиму ймовірність пропуску відмови $P(X_1 / X_0)$. Або при заданій інтенсивності видачі результату Δt можна визначити таку інтенсивність КГ μ при якій ймовірність $P(X_1 / X_0)$ не буде перевищувати максимально допустимого значення. Крім того можна говорити про слабку залежність ймовірності

$P(X_1 / X_0)$ від β . Це означає, що досягнення заданої достовірності контролю забезпечується на основі інтенсивності КГ і менше залежить від достовірності окремих елементарних перевірок. Справедливе твердження.

Твердження 2. *Якщо при жорсткому виконанні контролю готовності системи (тобто в строго фіксовані моменти часу) достовірність контролю кожного модуля була рівна $D = 1 - \beta$, то при випадкових виконаннях КГ достовірність визначається як $D = 1 - P(X_1 / X_0)$. Крім того, вона може бути підвищена до заданого значення за рахунок збільшення інтенсивності виконання КГ в проміжках часу між двома послідовними моментами видачі результатів. Інтенсивність виконання КГ залежить, переважно, від степеня завантаженості модулів інформаційної системи підприємства та часу виконання елементарних перевірок.*

Особливості об'єктів на яких встановлюються інформаційні системи вимагають для попередження відмов модулів використовувати і контроль обчислювального процесу, і контроль технічного стану апаратних можливостей ІСП. При цьому погіршення характеристик контролю обчислювального процесу може бути компенсоване за рахунок підвищення відповідних показників контролю технічного стану ІСП. Ефект компенсації залежить від кількості елементарних перевірок (чим більше елементарних перевірок тим краще). В умовах функціонування ІСП найбільш реальним способом збільшення кількості елементарних перевірок є організація даних перевірок хаотичним чином.

Висновки. В роботі показано, як на основі функціональної залежності ймовірності пропуску відмов від певного значення ймовірності при різних значеннях ймовірності помилки контролю другого роду можна визначити рекомендований інтервал видачі результату, який забезпечить, при даній інтенсивності контролю готовності допустиму ймовірність пропуску відмови. Проілюстровано як при заданій інтенсивності видачі результату можна визначити таку інтенсивність контролю готовності при якій ймовірність пропуску не буде перевищувати максимально допустимого значення. Крім того показано, що можна говорити про слабку залежність ймовірності пропуску від помилки контролю другого роду. Це означає, що досягнення заданої достовірності контролю забезпечується на основі інтенсивності контролю готовності і менше залежить від достовірності окремих елементарних перевірок. Для випадку коли в проміжках між моментами видачі результату системою контроль готовності модулів відбувається випадковим чином описано методику розрахунку ймовірності пропуску.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Sobchuk A.V., Varabash O.V., Musienko A.P. Assessment methods of functional stability of wireless sensor networks. Науковий журнал «Телекомунікаційні та інформаційні технології». Київ: ДУТ, 2019. № 3 (64). С. 46 – 54.
2. Sobchuk Valentyn, Barabach Oleg, Musienko Andrii The algorithm of control pricing policy in trade networks on the market of ferrous metals. Науковий журнал «Телекомунікаційні та інформаційні технології». Київ: ДУТ, 2020. № 1 (66). С. 120 – 128.
3. Mashkov ., Bicanek J., Bardachov Y., Voronenko M. Unconventional Approach to Unit Self-diagnosis. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1020, pp. 81 – 96.
4. Mashkov V., Fiser J., Lytvynenko V., Voronenko M. Diagnosis of intermittently faulty units at system level. Data, 2019, 4(1), pp. 44 – 50.
5. Mashkov V., Lytvynenko V., Fiser J., Voronenko M. Self-Diagnosis of the Systems with Intermittently Faulty Units. Proceedings of the 2018 IEEE 2nd International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2018, 2018, pp. 411 – 414.
6. Zhang H., Shen H. Balancing Energy Consumption to Maximize Network Lifetime in Data-Gathering Sensor Networks. IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst. 2009. Vol. 20, No. 10, pp. 1526 – 1539.
7. Xie L., Shi Y., Hou Y.T., Sherali H.D. Making sensor networks immortal: An energyrenewal approach with wireless power transfer. IEEE/ACM Trans. on Networking. Dec. 2012. Vol. 20. No. 6, pp. 174 – 176.

8. Пампуха І.В., Самолов І.В., Толопа С.В., Берназ Н.М. Інтелектуальний підхід до управління мережними відмовами систем передачі даних. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К: ВІКНУ, 2008. № 20. С. 18 – 21.
9. Hryshchuk R. Korobiichuk I., Horoshko V., Khokhlacheva Y. Microprocessor Means for Technical Diagnostics of Complex Systems. Computer Modeling and Intelligent Systems, 2019. Vol. 2353, pp. 1020 – 1029.
10. Olexandr Laptiev, German Shuklin, Spartak Hohonians, Amina Zidan, Ivanna Salanda. Dynamic model of Ceber Defence Diagnostics of information Systems with the Use of Fozzy Technologies. IEEE ATIT 2019 Conference Proceedings. Kyiv, Ukraine, December 18-20, pp.116 – 120.
11. Vitalii Savchenko, Oleh Ilin, Nikolay Hnidenko, Olga Tkachenko, Oleksander Laptiev, Svitlana Lehominova. Detection of Slow DDoS Attacks based on User's Behavior Forecasting. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research (IJETER). Vol. 8., No. 5, May 2020, pp. 2019 – 2025. ISSN 2347 – 3983. (Scopus)

REFERENCES:

1. Sobchuk A.V., Barabash O.V., Musienko A.P. (2019), “Assessment methods of functional stability of wireless sensor networks”. *Naukovyi zhurnal “Telekomunikatsiini ta informatsiini tekhnolohii”*. Kyiv: DUT, 2019. No. 3 (64), pp. 46 – 54.
2. Sobchuk Valentyn, Barabach Oleg, Musienko Andrii (2020), “The algorithm of control pricing policy in trade networks on the market of ferrous metals”. *Naukovyi zhurnal “Telekomunikatsiini ta informatsiini tekhnolohii”*. Kyiv: DUT, 2020. No. 1 (66), pp. 120 – 128.
3. Mashkov V., Bicanek J., Bardachov Y., Voronenko M. (2020), “Unconventional Approach to Unit Self-diagnosis”. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, 1020, pp. 81 – 96.
4. Mashkov V., Fiser J., Lytvynenko V., Voronenko M. (2019), “Diagnosis of intermittently faulty units at system level”. *Data*, 2019, No. 4 (1), pp. 44 – 50.
5. Mashkov V., Lytvynenko V., Fiser J., Voronenko M. (2018), “Self-Diagnosis of the Systems with Intermittently Faulty Units”. *Proceedings of the 2018 IEEE 2nd International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2018*, pp. 411 – 414.
6. Zhang H., Shen H. (2009), “Balancing Energy Consumption to Maximize Network Lifetime in Data-Gathering Sensor Networks”. *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 2009. Vol. 20, No. 10, pp. 1526 – 1539.
7. Xie L., Shi Y., Hou Y.T., Sherali H.D. (2012), “Making sensor networks immortal: An energyrenewal approach with wireless power transfer”. *IEEE/ACM Trans. on Networking*. Dec. 2012. V. 20. No. 6, pp. 174 – 176.
8. Pampukha I.V., Samolov I.V., Toliupa S.V., Bernaz N.M. (2008), “Intelektualnyi pidkhid do upravlinnia merezhnyimi vidmovamy system peredachi danykh” [An intelligent approach to network failure management of data transmission systems]. *Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*. Kyiv: VIKNU, 2008. No. 20. P. 18 – 21.
9. Hryshchuk R. Korobiichuk I., Horoshko V., Khokhlacheva Y. (2019), “Microprocessor Means for Technical Diagnostics of Complex Systems”. *Computer Modeling and Intelligent Systems*, 2019. Vol. 2353, pp. 1020 – 1029.
10. Olexandr Laptiev, German Shuklin, Spartak Hohonians, Amina Zidan, Ivanna Salanda (2019), “Dynamic model of Ceber Defence Diagnostics of information Systems with the Use of Fozzy Technologies”. *IEEE ATIT 2019 Conference Proceedings*. Kyiv, Ukraine, December 18-20, pp.116 – 120.
11. Vitalii Savchenko, Oleh Ilin, Nikolay Hnidenko, Olga Tkachenko, Oleksander Laptiev, Svitlana Lehominova/ (2020), Detection of Slow DDoS Attacks based on User's Behavior Forecasting. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research (IJETER)* Volume 8. No. 5, May 2020, pp. 2019 – 2025. ISSN 2347 – 3983. (Scopus).

Doct. of Sc. Sobchuk V.V, Doct. of Sc. Barabash O.V., Doct. of Sc. Musienko A.P.
**THE INFLUENCE OF THE METHOD OF ADAPTIVE SELF-DIAGNOSIS ON THE PROCESS OF
PREVENTING THE CONSEQUENCES OF MODULE FAILURES ENTERPRISE INFORMATION
SYSTEM**

The study continues the properties of functional stability. Functional stability means the property of an information system to maintain its functioning, possibly with a decrease in quality, for a specified time under the influence of external and internal destabilizing factors. External and internal destabilizing factors are failures, failures of system modules, mechanical damage, thermal effects, errors of service personnel. The main stages of ensuring functional stability are the detection of the module that failed in the control, diagnosing the module that failed and the restoration of the information system of the enterprise. The peculiarity of enterprise information systems is that they must function autonomously. With their help, the systems can increase the productivity of all production centers while reducing the number of people employed in production and significantly reducing the share of manual labor.

The paper investigates how, based on the functional dependence of failure probability on a certain probability value at different values, the probability of control error of the second kind can determine the recommended interval of the result, which will provide, given the intensity of readiness control allowable failure probability. It is illustrated how at a given intensity of the result it is possible to determine such an intensity of readiness control at which the probability of skipping will not exceed the maximum allowable value. It is shown that we can talk about the weak dependence of the probability of skipping on the control error of the second kind, which means that the achievement of a given control reliability is based on the intensity of readiness control and less depends on the reliability of individual basic checks. For the case when in the intervals between the issuance of the result the system checks the readiness of the modules is randomly described the method of calculating the probability of skipping.

Keywords: functional stability, diagnosis, adaptive diagnosis, structure of test connections, syndrome, readiness control.

МОНІТОРИНГ ЯКІСНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Картографування ґрунтів є дуже важливим для ефективного реалізації сталого управління землекористуванням. В останні десятиліття методів картографування даних про ґрунти стало значно більше, що покращує якість виготовлених карт. Незважаючи на зазначені покращення, дані про ґрунти “на місцях” залишаються найкращим джерелом інформації, перевіреним протягом століть, і корисним для картографування ґрунтів та реалізації сталого управління земельними ресурсами. “Місцеві” дані та досвід повинні бути важливим аспектом картографування ґрунтів, оскільки фермери – одні з головних кінцевих користувачів виготовлених карт, а тому картографічні дані повинні відповідати реальності та потребам фермерів.

Для України важливою проблемою є актуалізація якісного стану земель. Інформація про якісний стан земельного фонду України наразі є застарілою. Процес моніторингу стану земель доцільно осучаснити і автоматизувати, а засобом для реалізації цього процесу є впровадження геоінформаційних методів моніторингу. Наразі основною метою робіт щодо аналізу та відображення даних якісного стану ґрунтів є осучаснення методів досліджень, а також відображення результатів у новому форматі – за допомогою ГІС. Геоінформатика є перспективним науковим напрямком, що стрімко розвивається. В найближчі роки всі галузі географічних знань будуть розвиватися під сильним впливом геоінформаційних технологій, комп’ютерної обробки просторової інформації, розшириться використання глобальних телекомунікаційних мереж.

Використання геоінформаційних систем у сільському господарстві дає змогу застосовувати нові можливості управління сільським господарством та його головним ресурсом – землею. Головною перевагою є можливість спільного користування базою даних, яка містить певні, потрібні для управління земельними ресурсами дані, а також постійно доповнюється і оновлюється. Також ГІС-технології застосовують для розробки та аналізу великої кількості варіантів проектних рішень, створення рекомендаційних та управлінських карт в агросфері.

Ключові слова: геоінформаційні системи, картографування ґрунтів, властивості ґрунтів, геостатистичний підхід, агроекологічний стан, моніторинг сільськогосподарських угідь.

Вступ та постановка задачі. Геоінформаційні системи (ГІС) використовуються у різних сферах людської діяльності, а особливо в тих, які потребують інформації про взаємне розташування та форму об’єктів у просторі, а також їх зміни у часі. ГІС дає можливість отримувати, обробляти, систематизувати та візуалізувати всі процеси та явища, які відбуваються на земній поверхні, суспільстві, в економіці тощо. ГІС є потенційним інструментом для обробки об’ємних даних і дає можливість підтримувати просторовий статистичний аналіз, тому можна використати ГІС-технології для підвищення точності обстеження ґрунтів.

Для України важливою проблемою є актуалізація якісного стану земель. Інформація про якісний стан земельного фонду України наразі є застарілою [1]. Процес моніторингу стану земель доцільно осучаснити і автоматизувати, а засобом для реалізації цього процесу є впровадження геоінформаційних методів моніторингу.

Наразі основною метою робіт щодо аналізу та відображення даних якісного стану ґрунтів є осучаснення методів досліджень, а також відображення результатів у новому форматі – за допомогою ГІС. Сучасна карта ґрунтів, на відміну від її попередників – паперових карт 70-х років минулого століття, які оцифровуються і використовуються донині – це не просто статична карта, “знімок часу” стану ґрунтового покриву, а динамічне відображення даного стану. Те, що сьогодні ми розуміємо під “правильною” цифровою ґрунтовою картою – це не

сканований паперовий прототип п'ятдесятирічної давнини, це комплексна наповнена актуальними даними база геопросторових даних, що візуалізується у вигляді ґрунтової карти і постійно оновлюється та доповнюється [2].

В ідеалі така база даних містить розгорнуту кількісну та якісну інформацію про стан ґрунтового покриву і відображається у зрозумілому, навіть, для необізнаного у цій сфері користувача форматі. Такі цифрові карти можуть та повинні постійно поповнюватись новими даними відповідно до змін ґрунту. Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що сучасна цифрова ґрунтова карта не може бути створена та існувати інакше, ніж у ГІС середовищі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На території України у 1930-х роках завдання картографування ґрунтів потребували розробки більш детальних систем класифікації ґрунтів, що охоплювали б реальне географічне різноманіття ґрунтів у колишньому Радянському Союзі. Факторно-генетичний підхід був покладений в основу класифікаційних рішень. Прототип нової системи запропонували І.П. Герасимов, А.А. Завалішин, Є.Н. Іванова в 1939 р. Основна одиниця класифікації ґрунтів – тип ґрунту була визначена як “група ґрунтів, що розвиваються в подібних умовах, і характеризуються загальним походженням і загальними процесами перетворення та міграції речовин”. Система 1939 р. перераховувала 10 зональних типів ґрунтів. У 50-х роках цей перелік було розширено до понад 100 типів ґрунтів. У 1956 р. Є.Н. Іванова та Н.Н. Розов запропонували класифікувати ґрунти світу на основі еколого-генетичного підходу [3, 4].

В 1958 році було офіційно прийнято визначення ґрунтових таксонів нижчого рівня.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення є складовою державної системи моніторингу довкілля і являє собою систему спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про зміни показників якісного стану ґрунтів, їх родючості, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів. При здійсненні моніторингу земель важливими факторами, які значно підвищують його об'єктивність, достовірність та наочність, є можливість створення високоінформативного цифрового картографічного матеріалу, на основі якого можна здійснювати аналіз агроекологічного стану земель та розробляти прогнози щодо напрямків можливих його змін [1].

З урахуванням зазначених факторів, виникає необхідність використання ефективних сучасних засобів, за допомогою яких вирішення проблеми охорони ґрунтів шляхом моніторингу їх стану значно полегшується і прискорюється. Зокрема, важливим є виявлення територій, які піддаються впливу негативних процесів і явищ, що погіршують екологічний стан цих територій; також доцільним є визначення можливих перспектив змін цих територій під впливом природних чинників або людської діяльності. Сучасним та перспективним засобом вирішення цих проблем, беручи до уваги, що фактори впливу мають просторово-розподілений характер, є геоінформаційні системи.

Для забезпечення користувачів необхідною для прийняття рішень інформацією на платформі ГІС створюється база даних, що містить:

- цифрову модель місцевості, на якій здійснюються агротехнічні операції;
- дані дистанційного зондування Землі;
- інформацію про властивості і характеристики ґрунтів;
- карти посівів за роками;
- історію оброблення полів тощо [5].

Для більш ефективного використання агрономічна ГІС повинна включати багат шарову електронну карту господарства та атрибутивну базу даних історії полів з інформацією про всі агротехнічні заходи. Обов'язково повинні бути включені тематичні шари мезорельєфу, відомості про крутизну схилів та їх експозиції, мікроклімат, рівні ґрунтових вод, вміст гумусу в ґрунті.

Атрибутивна база даних, що містить дані різного описового характеру, пов'язана з шарами електронної карти. Прив'язку доцільно почати з гідрографічної мережі, яружно-балочного комплексу і доповнити дорожньою мережею та іншими об'єктами інфраструктури. До об'єктів цифрової карти також прив'язують базу даних, що включає інформацію про посівні площі, дані про стан ґрунтів.

Використання таких методів дозволяє отримувати деталізовану інформацію про великі території (сільськогосподарське підприємство, адміністративний район тощо), забезпечує можливість визначення конфігурації полів, їх орієнтування, площі, напрямків оранки, стану полів на момент зйомки і сприяє оперативному оцінюванню сільськогосподарських угідь [5]. Наприклад, знаючи, як змінюється спектральна яскравість рослинності протягом вегетаційного періоду, можна за значенням яскравості на зображенні судити про стан посівів та їх агротехнічний стан. Після перезимівлі стан озимих культур оцінюється за розбіжностями в яскравості пікселів здорових і загиблих рослин, стан озимих та ярих до збирання врожаю – на основі врахування ступеня покриття ґрунту сходами посівів і рівномірності їх розподілу тощо.

Картографування ґрунтів є дуже важливим для ефективного реалізації сталого управління землекористуванням. В останні десятиліття методів картографування даних про ґрунти стало значно більше, що покращує якість виготовлених карт. Незважаючи на ці покращення, дані про ґрунти “на місцях” залишаються найкращим джерелом інформації, перевіреним протягом століть, і корисним для картографування ґрунтів та реалізації сталого управління земельними ресурсами.

Традиційне картографування ґрунтів завжди було складним та трудомістким процесом через внутрішню просторову мінливість ґрунту. Багато інформації про просторову мінливість ґрунту втрачається за традиційного підходу, оскільки ґрунти відображаються на картах як багатокутники (полігони), які характеризують типи ґрунтів або класи. Протягом останніх десятиліть було досягнуто значного прогресу в методах спостереження за Землею та прогнозуванні властивостей ґрунту за даними, отриманими дистанційними та наземними датчиками. У той же час були розроблені математичні та статистичні прийоми, які дозволяють “прогнозувати” властивості ґрунтів у районах з недостатньою або відсутньою інформацією, а також методи визначення точності таких прогнозів. Цифрова революція, яка змінила багато наук, призвела до розробки нової дисципліни під назвою “Digital Soil Mapping” (“Цифрове картографування ґрунтів”).

Дані зміни полягають в тому, що для складання карти, що описує розподіл атрибутів ґрунту на певній території, точки спостереження ґрунту накладаються та співставляються із шарами даних, отриманих з різного роду спостережень за ґрунтами; модель певної структури придатна для опису взаємозв'язку даних спостережень за ґрунтами з наявними типами ґрунтів. Р. Маккензі назвав просторово виражений фактор-підхід “екологічною кореляцією”. Це було в середині 1990-х років, внаслідок чого прийшло усвідомлення подібності між підходом крігінгу і підходом екологічної кореляції, також було зроблено спроби об'єднати ці два методи. Комбінаторний підхід загалом став відомим як регресія крігінгу [5].

Впровадження геоінформаційних систем і технологій істотно розширює діапазон їх застосування. Сьогодні за таким шляхом відбувається розробка моделей міграції забруднювачів в геологічному середовищі, атмосфері і гідросфері; дослідження ерозії і деградації ґрунтів; паводкових ситуацій; розвитку екзогенних процесів; прогнозування і оцінка викидів в атмосферу небезпечних хімічних речовин та багато інших завдань.

Використання геоінформаційних систем у сільському господарстві дає змогу застосовувати нові можливості управління сільським господарством та його головним ресурсом – землею. Головною перевагою є можливість спільного користування базою даних, яка містить певні потрібні для управління земельними ресурсами дані і постійно доповнюється та оновлюється. Також ГІС-технології застосовують для розробки та аналізу великої кількості варіантів проектних рішень, створення рекомендаційних та управлінських карт в агросфері.

Прискорити та підвищити ефективність процедури прийняття рішень, забезпечити відповіді на запити і функції аналізу просторових даних, відобразити результати аналізу в доступному, наочному і зручному для показу та аналізу вигляді – головні переваги застосування ГІС-технологій у сучасному світі [6].

Результати досліджень. На сьогодні в Україні при моніторингу якісного стану земель все більшого впровадження набувають геоінформаційні системи, що використовуються для вирішення наступного кола завдань:

централізованого зберігання, доступу та управління картографічною базою даних підприємства (межі ділянок та сільськогосподарських угідь, картограми агрогруп, проекти сівозмін, агротехнічні паспорти земельних ділянок, проекти відведення земельних ділянок з усією супровідною документацією, цифрові моделі рельєфу, ортофотоплани тощо);

контролю за виконанням сільськогосподарських робіт на полях, відстеження посівів у розрізі культур і полів;

оцінки якості ґрунтів, потенційної врожайності культур, агроекологічного стану, деградаційних процесів (класифікація земель різного призначення, розподіл земель за крутизною та експозицією схилів, виділення особливо цінних ґрунтів, характер ґрунтового покриву, забрудненням хімікатами);

аналізу ефективності ведення сільського господарства (обґрунтування доцільності поділу земель і формування угідь, відповідність цільового використання земель агропромислому потенціалу ґрунтів, ефективність вирощування культур тощо);

здійснення оперативного моніторингу сільськогосподарських угідь, контролю діяльності фахівців працівників (землевпорядників, агрономів), можливості збору та оновлення просторових даних у польових умовах в реальному часі, застосовуючи мобільні додатки онлайн або в офлайн режимі (навіть при відсутності мережі чи інтернет-з'єднання);

автоматизації процесу складання звітності, планування та прогнозування розвитку підприємства, а також прогноз стану ґрунтів на майбутні періоди [7].

Вивчаючи досвід провідних країн світу, які застосовують широко розповсюджене програмне забезпечення для роботи з просторовою інформацією та в загальному ринку впровадження геоінформаційних систем та технологій, можна констатувати, що відповідно до досліджень незалежних дослідницьких та консалтингових центрів для промислових та інфраструктурних підприємств Global Market Research Study та ARC Advisory Group, найбільш часто використовуються програмні продукти лінійки ArcGIS від ESRI, який є лідером при розробленні геоінформаційних систем для багатьох галузей світової економіки.

ArcGIS – це значний набір інструментів та можливостей для картографування та дослідження географічних даних. Його можна розгорнути на локальних машинах (ArcGIS Pro), на віддалених, локальних серверах (ArcGIS Enterprise) або як сервіс, розміщений Esri (ArcGIS Online) [8].

Для того, щоб інформація про земельні ділянки була достовірною і актуальною, потрібно проводити періодичне спостереження за станом ґрунтів для своєчасного виявлення і внесення даних про зміни, їх оцінку для запобігання та ліквідації наслідків негативних процесів. Тому виникає необхідність провести моніторинг земель. Адже моніторинг складається із систематичних спостережень за станом ґрунтів (агрохімічна паспортизація земельних ділянок, зйомка, обстеження і вишукування), виявлення у ньому змін, а також проведення оцінки:

- стану використання земельних ділянок;

- процесів, пов'язаних із змінами родючості ґрунтів (розвиток водної і вітрової ерозії, втрата гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення і засолення), заростання сільськогосподарських угідь, забруднення земель пестицидами, важкими металами радіонуклідами та іншими токсичними речовинами;

- стану берегових ліній річок, морів, озер, заток, водосховищ, лиманів і гідротехнічних споруд;

- процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, селевими потоками, землетрусами, карстовими, кріогенними та іншими явищами;

- стану земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазодобувними об'єктами, очисними спорудами, гноєсховищами, складами паливно-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту, захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів, а також іншими промисловими об'єктами.

Сутність геоінформаційного картографування полягає в математико-картографічному моделюванні природних і господарських геосистем на основі баз даних, ГІС-технологій і географічних знань про об'єкти дослідження. Цей напрямок формується на перетині таких областей знання, як автоматизоване і системне картографування, а також дистанційних методів і геоінформаційних систем. Воно включає в себе основні аспекти укладання, редагування, видання та використання картографічного матеріалу, автоматичного створення карт на основі обробки даних дистанційного зондування [9-10].

Геоінформатика є перспективним науковим напрямком, що стрімко розвивається. У найближчі роки всі галузі географічних знань будуть розвиватися під сильним впливом геоінформаційних технологій, комп'ютерної обробки просторової інформації, розширяться використання глобальних телекомунікаційних мереж. У багатьох країнах світу геоінформатика та геоінформаційні методи розглядаються як магістральні напрямки, що сприяють інтеграції всієї системи географічних наук.

Висновки. Отже, моніторинг якісного стану ґрунтового покриву – це один із найдієвіших засобів систематичного отримання та оновлення інформації про ґрунти, їх розподіл і зміни у просторі та часі. За його результатами можна контролювати родючість ґрунтів, а, отже, й раціональне використання.

На даний момент, більшість інформації про земельні ресурси України загалом та склад угідь зокрема зберігається у застарілому форматі: дані про просторове розміщення (карти) зберігаються у вигляді відсканованих карт для кожного землекористувача окремо, інколи у вигляді шейп-файлів, які є також свого роду застарілим форматом зберігання даних. Дані про ґрунти, їх природні характеристики зберігаються у вигляді друкованих книг 70-х років минулого століття, а важливі дані про кислотність ґрунту, гранулометричний склад, гумусованість, вміст окремих речовин взагалі відсутні. За потреби, землекористувачу необхідно шукати дані у різних джерелах або безпосередньо виходити на місцевість і збирати такі дані власноруч, що є досить трудомістким та високовартісним процесом. Дані ж про кількісний стан є актуальними, але зберігаються лише у формах статистичної звітності.

Першим кроком до вирішення вищеперерахованих проблем є, насамперед, збір та систематизація даних з різних джерел. Потрібно зібрати дані з різних державних установ, які мають відношення до ґрунтів, узгодити та систематизувати дану інформацію у Держгеокадастрі. Необхідно заохотити великих землекористувачів, товаровиробників, агрохолдинги “поділитись” наявною інформацією, оскільки кожен з них має у своєму штаті агрономів, які володіють актуальною інформацією про стан наявних земель. Отриману інформацію необхідно зберігати в базі геопросторових даних за допомогою геоінформаційної системи. Це дає можливість інтегрувати просторову та атрибутивну інформацію, забезпечує можливість зберігати одні і ті ж самі показники до кожного контуру ґрунту, з прив'язкою до місцезнаходження цього контуру, здійснювати різного роду аналіз даних, зберігати дані у табличних форматах, у режимі реального часу вносити зміни до даних та надавати доступ до даних усім органам державної влади, місцевого самоврядування, фіскальним органам та іншим зацікавленим особам.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зацерковний В.І. Застосування геоінформаційних систем у задачах ефективного землекористування. *Техногенна безпека. Радіобіологія*. 2015. № 249. С. 14–21.
2. Берлянт А.М., Мусин О.П., Ю.В. Свентек Ю.В. Геоинформационные технологии и их использование в эколого-географических исследованиях. *География*. Москва, 1993. С. 231 - 241.
3. Кохан С.С., Москаленко А.А., Шило Л.Г. Геоінформаційне забезпечення якісної оцінки ґрунтів. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. № 6. С. 18-25.
4. Крикунов В.Г. Ґрунти і їх родючість: підручник. Київ, 1993. 287 с.

5. Аніщенко В.О. До питання створення системи комплексного моніторингу антропогенних змін довкілля. *Інженерна геодезія*. 2002. № 48. С. 3-10.
6. Аніщенко В.О. Моніторинг і охорона земель: навч. посіб. Чернігів, 2006. 208 с.
7. Федченко О.П., Кулинич І., Сторубльов О.І. Екологічний моніторинг на базі геоінформаційної платформи ARCGIS. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2020. № 2(44). С. 68-72.
8. Карпінський Ю.О. Зміст і засоби сучасного геоінформаційного картографування. *Інтеграція геопросторових даних у дослідженнях природних ресурсів: міжн. наук.-прак. конф.* Київ: Компрінт, 2014. С. 72–76.
9. Кохан С.С., Москаленко А.А. Розроблення структури бази знань системи геоінформаційного моніторингу для оцінювання якісного стану земель сільськогосподарського призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. № 5. С. 32-37.
10. Кобець М.І. Використання сучасних інформаційних технологій в системах сільськогосподарського менеджменту. URL: http://undp.org.ua/agro/pub/ua/P2005_05_08_05.pdf.

REFERENCES:

1. Zatserkovnyi V.I. (2015), “Zastosuvannia heoinformatsiinykh system u zadachakh efektyvnoho zemlekorystuvannia” [Application of geographic information systems in problems of efficient land use], *Man-made safety. Radiobiology*, № 249, pp. 14–21.
2. Berlyant A.M., Musin O.P., Yu.V. Sventek Yu.V. (1993), “Geoinformatsionnye tehnologii i ih ispolzovanie v ekologo-geograficheskikh issledovaniyah” [Geoinformation technologies and their use in ecological and geographical research], *Geography. Moscow*, pp. 231 - 241.
3. Kokhan S.S., Moskalenko A.A., Shylo L.H. (2013), “Heoinformatsiine zabezpechennia yakisnoi otsinky gruntiv” [Geoinformation support of qualitative assessment of soils], *Eastern European Journal of Advanced Technology*, № 6, pp. 18-25.
4. Krykunov V.H. (1993), “Gruntly i yikh rodiuchist” [Soils and their fertility], Kyiv, 287 p.
5. Anishchenko V.O. (2002), “Do pytannia stvorennia systemy kompleksnoho monitorynhu antropohennykh zmin dovkillia” [On the issue of the system’s creating of integrated monitoring of anthropogenic changes in the environment], *Engineering geodesy*, № 48, pp. 3-10.
6. Anishchenko V.O. (2006), “Monitorynh i okhorona zemel” [Monitoring and protection of lands], Chernihiv, 208 p.
7. Fedchenko O.P., Kulynych I., Storublov O.I. (2020), “Ekolohichnyi monitorynh na bazi heoinformatsiinoi platformy ArcGIS” [Environmental monitoring based on the ARCGIS geoinformation platform], *The Herald of the Kyiv Taras Shevchenko national university. The military-special sciences*. № 2(44), pp. 68-72.
8. Karpinskyi Yu.O. (2014), “Zmist i zasoby suchasnoho heoinformatsiinoho kartohrafuvannia. Intehratsiia heoprostorovykh danykh u doslidzhenniakh pryrodnykh resursiv: mizhn. nauk.-prak. konf” [Content and means of modern geoinformation mapping. Integration of geospatial data in the study of natural resources: int. scientific-practical conf.]. Kyiv: Komprint, pp. 72–76.
9. Kokhan S.S., Moskalenko A.A. (2015), “Rozroblennia struktury bazy znan systemy heoinformatsiinoho monitorynhu dlia otsiniuvannia yakisnoho stanu zemel silskohospodarskoho pryznachennia” [Development of the knowledge base structure of the geoinformation monitoring system for assessing the quality of agricultural land]. *Eastern European Journal of Advanced Technology*. № 5, pp. 32-37.
10. Kobets M.I. “Vykorystannia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii v systemakh silskohospodarskoho menedzhmentu” [Use of modern information technologies in agricultural management systems]. URL: undp.org.ua/agro/pub/ua/P2005_05_08_05.pdf.

Ph.D. Fedchenko O.P., Kuharuk A.E., Ph.D. Lytvynenko N.I.

THE SOIL QUALITY MONITORING WITH USING OF THE GEOINFORMATION ANALYSIS

The soil mapping is very important for the effective implementation of sustainable land management. In recent decades, the methods of mapping soil data have become much more, which improves the quality of the maps produced. Despite these improvements, field data on the ground remain the best source of information verified over the centuries and useful for soil mapping and sustainable land management. “Local” data and experience should be an important aspect of soil mapping, as farmers are one of the main

end users of the maps produced, and therefore cartographic data should be relevant to the realities and needs of farmers.

An important problem for Ukraine is the actualization of the quality of land. Information on the quality of Ukraine's land fund is currently out of date. The process of monitoring the state of lands should be modernized and automated, and the means to implement this process is the introduction of geoinformation monitoring methods.

Currently, the main purpose of work on the analysis and display of data on the quality of soils is the modernization of research methods, as well as the display of results in a new format - using GIS.

Geoinformatics is a promising scientific field that is developing rapidly. In the coming years, all areas of geographical knowledge will develop under the strong influence of geographic information technologies, computer processing of spatial information, and the use of global telecommunications networks will expand.

The use of geographic information systems in agriculture makes it possible to apply new opportunities for managing agriculture and its main resource - land. The main advantage is the ability to share a database that contains certain data needed for land management, and is constantly updated and updated. GIS-technologies are also used to develop and analyze a large number of design solutions, creating recommendation and management maps in the agricultural sector.

Keywords: geoinformation systems, soil mapping, soil properties, geostatistical approach, agroecological condition, monitoring of agricultural lands.

ДО ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОГРАМНИХ ВЕБ-СИСТЕМ ЗАСОБАМИ РОЗРОБКИ

У даній статті наведено результати досліджень існуючих засобів і визначення теоретичних аспектів застосування сучасних фреймворків для розробки програмного забезпечення, а також обґрунтування доцільності та впливу варіативності вибору на якість розроблюваних програмних додатків. Основними результатами дослідження є обґрунтування вибору фреймворків для розробки програмного забезпечення. Потрібно відмітити, що не зважаючи на велику кількість фреймворків, структурований аналіз здійснений досить незначною кількістю дослідників, що і обумовлює наукову новизну даного питання. Вибір відповідного фреймворка є однією з основних засад, що визначає якість майбутнього сайту. Кожну з технологій, що наведені у даній статті можна вважати вичерпною у всіх відношеннях тому, що їх використовують, як у практиці перетворення в графічний інтерфейс (frontend), так і для розробки варіанту архітектури програмного забезпечення (backend). Тому, слід обирати платформу у відповідності до зручностей щодо мов програмування.

Отже, Agile найбільше підходить для проектів із «відкритим кінцем», наприклад, запуск інтернет-сервісів, розробка комп'ютерних ігор, операційних систем. Однак, гнучкість може приводити до втрати фокусу та втрати передбачуваності. Дуже важливо відокремлювати помилки застосування гнучкого підходу від недоліків самої методології. Перш, ніж будуть реалізовані всі переваги підходу, потрібно буде деякий час на адаптацію до реалій конкретних завдань. Практична значущість полягає у можливості застосування тих чи інших фреймворків відповідно до потреб замовника та розробника для досягнення певних результатів при розробці програмного забезпечення.

Ключові слова. Фреймворк, CSS, програмне забезпечення, програмний продукт, мова програмування, управління якістю.

Вступ. На сучасному етапі розвитку засобів програмування в галузі веб-розробки кількість веб-фреймворків (ВФК) різко зросла. Всі вони володіють певною низкою переваг та недоліків, а тому актуальним є питання вибору правильного та відповідного фреймворку або їх набору для кожного конкретного проекту, адже від правильного вибору залежить якість, час реалізації та надійність кожного розроблюваного програмного продукту.

Взагалі кажучи, веб-фреймворки однозначно змінили та покращили своєю появою можливості програмування і стали невід'ємною частиною процесу розробки. Існує велика кількість інформації, що стосується ВФК, але часто ця інформація містить тільки визначення та складні терміни, які не дають ніякого уявлення про дані засоби. Саме тому питання обґрунтування варіативного вибору фреймворків та їх вплив на якість програмного забезпечення є актуальним завданням на сучасному етапі розвитку програмування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методологічною основою даного дослідження є праці таких дослідників як Jasek Schae, Мейерт Д.О., Масляк Т.А., Колесникова Т.А., Агалаков С.А., Лаврищева Е.М., Петрухин Е.М., Куликов С.С., Сем Канер, Джек Фолк, Енг Нгуен [1-4] та багато інших. Деякими загальними аспектами використання фреймворків займались Татур Ю.Л., Білоконна К.В. Використання CSS-фреймворків у своїх роботах описують Масляк Т.А., Колесникова Т.А. Загалом. Разом із тим, в теперішній час, виконується велика кількість різноманітних досліджень, присвячених застосуванню тих чи інших ВФК та їх доцільності щодо розробки певного програмного продукту. Однак, потрібно відмітити, що проблема варіативності вибору веб-фреймворків при створенні програмних продуктів займає незначне місце у вітчизняних та зарубіжних роботах.

Не зважаючи на те, що дослідження в галузі застосування фреймворків постійно проводяться, наукових робіт, присвячених варіативності вибору та доцільності їх використання в тій чи іншій сфері розробки та впровадження програмного забезпечення недостатньо, що і обумовило виявлення до даного завдання підвищеного наукового та практичного інтересу.

Мета дослідження. Визначення теоретичних аспектів застосування сучасних фреймворків для розробки програмного забезпечення, а також обґрунтування доцільності та впливу варіативності вибору на якість розроблюваних програмних додатків.

Виклад матеріалу дослідження. З урахуванням того, що веб-фреймворк є інструментом полегшення написання і запуску веб-додатків, розробнику не потрібно самостійно прописувати велику кількість коду та витратити час на пошук потенційних прорахунків і помилок [3,5,6]. В сучасних умовах існує можливість вибору з наявних мов для веб-програмування відповідного фреймворку, як для статичних, так і для динамічних сторінок. Так, в залежності від поставленого завдання, необхідним є вибір одного ВФК, що здатний задовільнити всі потреби, або поєднання декількох.

Слід приймати до уваги, що у ВФК є дві основні функції: робота на серверній стороні (бекенд) і робота на клієнтській стороні (фронтенд). При цьому, фронтенд-фреймворки пов'язані із зовнішньою частиною програми, тобто відповідають за інтерфейс, а бекенд-фреймворки відповідають за внутрішню частину додатку, тобто логікудодатку.

Як показує практика, серверні веб-фреймворки (СВФК) не дають можливості створення веб-додатків з насиченим інтерфейсом. Вони обмежені в своїй функціональності, однак забезпечують створення простих сторінок і різних форм. Також, СВФК здатні забезпечити формування вихідних даних і відповідати за безпеку в разі атак. Все це, безумовно, може спростити процес розробки. Серверні фреймворки, в основному, відповідають за окремі, але критично важливі частини програми, без яких неможливе стале функціонування. Найбільш поширеними фреймворками такого типу і мови програмування, з якими вони працюють, слід виділити наступні:

- *Django – Python;*
- *Zend – PHP;*
- *Express.js – JavaScript;*
- *Ruby on Rails – Ruby.*

На відміну від серверних, клієнтські веб-фреймворки (КВФК) ніяк не пов'язані з логікою програми. Цей тип фреймворків працює в браузері. З їх допомогою можна поліпшити і впровадити нові користувальницькі інтерфейси. Фронтенд-фреймворки дозволяють створювати різні анімації і односторінкові додатки. Всі клієнтські фреймворки відрізняються по функціональності і використанню. Найбільш поширеними фреймворками такого типу слід виділити наступні:

- *Backbone+Marionette;*
- *Angular;*
- *Ember.js;*
- *Vue.js.*

Всі ці фреймворки використовують мову програмування - *JavaScript*.

Разом з типами фреймворків, що приведені вище, набули широкого використання для вирішення окремих завдань програмування й багатофункціональні фреймворки. *Meteor* відомий як фул-стек веб-фреймворк. Це означає, що він здатний задовільнити майже всі потреби як з боку клієнта, так і з боку сервера, що робить *Meteor* надзвичайно популярним. Його використання забезпечує заощадження часу, наприклад, на налагодження взаємодії між двома ВФК через *RESTAPI*. Використання, при цьому, ВФК *Meteor* забезпечить виконання відповідних процедур і прискорить процес розробки. Оскільки обидві сторони – серверна та клієнтська – працюють на одній мові, то існує можливість створення і використання для них одного коду. Одна з особливостей даного ВФК – «режим реального часу» – внесення змін в

одному інтерфейсі, обумовлює зміни і в інших. Наприклад, при додаванні коментарів або зміні змісту документу або таблиці із загальним доступом, інші користувачі це також будуть бачити.

Окрему увагу слід приділити й розмірам (масштабам) фреймворків. Розрізняють ВФК, що здатні забезпечити рішення для всіх завдань, і більш легкі варіанти, які спеціалізуються на вирішенні конкретних завдань – такі фреймворки називаються мікрофреймворками. Останні не здатні забезпечити рішення всіх завдань, проте іноді краще розкласти функціональність на кілька підходів (фреймворки, мікрофреймворки, бібліотеки). При цьому, слід зауважити, що розширення функціональності мікрофреймворків можливе за допомогою сторонніх додатків і створенням невеликих проектів на їх основі, або шляхом поєднання мікрофреймворку з основним «великим» фреймворком.

Наприклад, якщо додаток заснований на ВФК *Django* і потрібні веб-сокети, то є доцільним використання мікрофреймворку *aiohhttp*. Або, якщо додаток не дуже великий і потрібна лише проста маршрутизація *URL* і шаблони з нескладним контекстом, то можливе використання ВФК *Flask* замість *Django*.

Незважаючи на те, що існуючі ВФК відрізняються один від одного, їх вибір може бути складним завданням, тому, слід навести кілька ознак, які є загальними для них усіх. Це архітектура і особливості, які важливі так, як і функції [7-9].

Архітектура всіх ВФК заснована на декомпозиції декількох окремих прошарків (додатки, модулі і інш.), що означає, можливість розширення функціональності в залежності від потреб і використання зміненої версії разом з кодом ВФК або використання сторонніх додатків. Така гнучкість вважається ще однією ключовою перевагою фреймворків. Існує безліч додатків з відкритим вихідним кодом (*open source*), спільнот і комерційних організацій, які створюють програми або їх розширюють для популярних фреймворків, наприклад, *Django REST Framework*, *ng-bootstrap* і інш.

Таким чином, зміст кожного веб-фреймворка формується трома складовими: модель, представлення, контролер (*model, view, controller*), скорочено MVC, що подано на рис. 1.

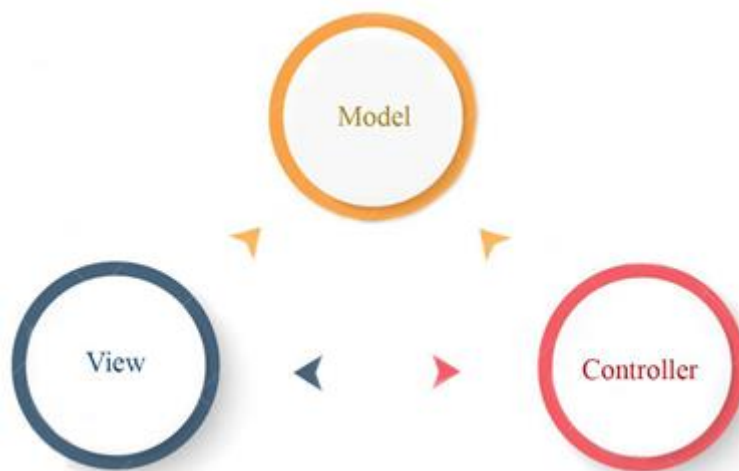


Рисунок 1 – Зміст веб-фреймворка

Модель містить всі дані і рівні бізнес-логіки, її правила і функції.

Представлення відповідає за візуальне відображення даних, наприклад, діаграми, графіки і т.д.

Контролер просто трансформує дані для команд попередніх двох складових.

Вони невіддільні один від одного, тому важливо як слід у всьому розібратися, щоб уникнути помилок під час роботи програми.

Важливого значення набувають особливості фреймворків, основні з них подані на рис. 2, які роблять їх багатофункціональними і зручними на практиці.



Рисунок 2 – Особливості веб-фреймворків

Веб-кешування забезпечує збереження різних документів і дозволяє уникнути перевантаження сервера. Тому наявна можливість його використання в різних системах за певних умов. Також веб-кешування працює на серверній стороні. Наприклад, існують кешовані веб-сторінки на сторінці пошукової видачі *Google*.

Скафолдинг – це ще одна технологія, що полягає в автоматичному генеруванні типових частин програми або структури проекту. Це дозволяє істотно збільшити швидкість розробки і стандартизує кодову базу.

Система веб-шаблонів являє собою набір різних методологій і програмного забезпечення, реалізованих для створення і розгортання веб-сторінок. Для обробки веб-шаблонів використовуються шаблонізатори, що вважаються інструментом фреймворку, який відповідає за веб-публікацію.

Зіставлення *URL* – це функція фреймворків, що сприяє спрощенню доступу до сторінок веб – сайту, індексаційного пошуковими рушіями, створюючи привабливу назву.

Велика кількість типів веб-додатків підтримуються веб-фреймворками, що застосовуються, в основному, для створення таких додатків, як блоги, форуми, *CMS* і інші [9-11].

Наведена інформація щодо функціональності властива всім ВФК. Разом із тим, широкий асортимент фреймворків, як правило, ускладнює їх вибір. Тому, для полегшення розробки варто використовувати критерії, що обумовлюють кращий інструмент. Наприклад, ВФК *Angular* на мові програмування *JavaScript* – це фреймворк від *Google*, розроблений спеціально для створення динамічних веб-додатків, в точу числі інтерфейсних додатків без необхідності застосовування інших плагінів або фреймворків. Його структура утримує низку цікавих функцій. Зокрема, використовуючи шаблони, відкривається можливість відображення інформації з моделі і контролера. При цьому, ВФК *Angular* підтримує архітектуру *MVC*, що відкриває можливість розділення додатку на *MVC* компоненти. При цьому, все інше управляється засобами фреймворка.

Всі ці функції є частиною платформи, яка сприяє розробці ефективного веб-сайту. Ось лише деякі приклади майданчиків, розроблених за допомогою цього фреймворка: *Netflix*, *Freelancer.com*, *GoodFilms* і інш.

Фреймворк *Ruby on Rails* створений мовою програмування *Ruby*. Однією з його переваг вважається докорінне спрощення і прискорення розробки веб-додатків за рахунок повторного використання коду. Такий підхід дозволяє додавати деякі додаткові функції. Серед популярних веб-сайтів, написаних на *Ruby on Rails*, можна виділити *Basecamp*, *Ask.fm*, *GitHub*, *500px* і інш. Але, основною перевагою цього фреймворку слід вважати швидку розробку з

меншою кількістю написаного коду та помилок. До інших його переваг доцільно віднести гнучкість, що полягає в можливості широкого кола застосування (наприклад, від управління проектами до будівництва), швидкість, що полягає в здатності скорочення часу розробки веб-додатків приблизно на 30-40%, і можливість вношення змін в код. Саме тому фреймворк *RoR* ідеально підходить для довготривалих проектів.

Фреймворк *Yii* є платформою з відкритим вихідним кодом, що вбудована в *PHP5*. Завдяки зрозумілому дизайну і зручному інтерфейсу, цей фреймворк забезпечує надзвичайно просту і швидку веб-розробку. Він оптимізований по продуктивності, що дозволяє його використання для будь-яких проектів. Крім того, дана платформа утримує інструменти, які володіють здатністю налагодження і тестування додатку. Цікавою особливістю платформи слід вважати можливість увімкнення класів та об'єктів, лише, за потреби, що прискорює завантаження додатків. Дані функції сприяють створенню високопродуктивної структури, що сприяє розробці ефективних веб-сайтів (наприклад, *TACC*, *Craftcms*, *Hum Hub* і інш.).

Фреймворк *Meteor JS* розроблений на платформі *Node.js* дозволяє створювати різні *real-time* веб-додатки. Одна з основних особливостей *Meteor JS* — належна основа для створення простих сайтів особистого користування.

Meteor JS це ізоморфний *JavaScript* веб-фреймворк з відкритим вихідним кодом, що сприяє швидкому завантаженню сторінок. Крім того, завдяки інтегрованому стеку *JavaScript*, який простягається від бази даних кінцевого користувача до екрану, існує можливість виконання в 10 рядках коду те, що, зазвичай, розтягується на 1000 рядків.

Одна з особливостей даного фреймворку полягає в можливості використання одного коду при розробці під операційні системи *iOS*, *web*, *Android* або *desktop*. Також існує можливість використання різних популярних фреймворків та інструментів для створення функцій.

Фреймворк *Express.js* на платформі *Node.js* покриває цілий ряд важливих функцій плагінами, тому доцільним вважається використання для швидкої розробки веб-додатку і прикладного програмного інтерфейсу (*API*). Також даний фреймворк придатний до використання для створення мобільних додатків.

По суті, *Express.js* складається з *Angular* і бази даних *MongoDB*. Це означає, що для розробки веб-сайтів достатньо знання таких мов, як: *HTML*, *CSS* і *JavaScript*. А використовуючи модуль *npm*, відкривається можливість розширення функціоналу додатків. Також *Express.js* ідеальний для створення простих веб-сервісів.

Zend — це *opensource* фреймворк, що розроблений на мові *PHP*. Він орієнтований на розробку сучасних, надійних і безпечних веб-сервісів. При цьому застосовуються різні професійні пакети *PHP*, які роблять розробку веб-сайтів найвищого класу значно простіше і швидше. Крім того, ВФК використовує архітектуру *MVC*, що відокремлює базу даних і бізнес-логіку від представницького рівня. Це сприяє отриманню більш зрозумілого і чистого коду. Веб-фреймворк *Zend* базується на концепціях об'єктно-орієнтованого програмування, що відкриває можливість розширення різних компонент фреймворку. Також слід відзначити маршрутизацію, яка виконує свою роботу бездоганно, і функції кеша.

Django- найпопулярніший фреймворк для веб-розробки, написаний на мові програмування *Python* і використовує архітектуру *MVC*. Ключовими особливостями цієї платформи слід вважати наступні.

Швидкість. Головна мета фреймворка-допомогти розробникам зробити додаток, як можна швидше. Причому, на всіх етапах розробки – від ідеї до релізу. Ефективність і економічність – саме так можна сформулювати девіз *Django*.

Безпека. Як правило, деякі безпекові помилки, що пов'язані з «ін'єкціями» мови програмування структурованих запитів *SQL*, а також підркою міжсайтових запитів і міжсайтовим скриптингом. *Django* ефективно управляє наявними іменами користувача і паролями, а система аутентифікації користувача, як відомо, відіграє вирішальну роль.

Масштабованість. Більшість бізнес-сайтів використовують ВФК *Django* для швидкого задоволення потреб трафіку.

Багатофункціональність. Фреймворк включає в себе додаткові опції для допомоги з картами сайту, аутентифікацією користувачів, адмініструванням контенту, *RSS*-канали і багато іншого. Кожна з них надає істотну допомогу в процес веб-розробки.

ВФК *Laravel* вважається одним з кращих *PHP* фреймворків. Він здатний забезпечити легку розробку, як веб, так і мобільних додатків для невеликих сайтів і великого бізнесу. При цьому, ВФК *Laravel* відрізняється наявністю багатьох цікавих функцій, таких як, наприклад, техніка авторизації, об'єктно-орієнтовані бібліотеки, підтримка *MVC*, міграції баз даних, міжсайтові запити і інш.

До основних переваг цього фреймворку можна віднести:

–Можливість збільшення трафіку сайту, що обумовлює застосування до будь-якого браузера та пристрою.

–Гнучкість. Фреймворк має модульну структуру, що допомагає спростити сам веб-сайт і процес його розробки.

–*PHP* не потребує спеціальних способів обслуговування, що пов'язано з автоматичним завантаженням об'єкта, який міститься в програмному забезпеченні.

–Фреймворк *Laravel* може створювати унікальні *URL*-адреси, так як реалізує різні маршрути з однією і тією ж назвою.

Як показує досвід, кожен фреймворк володіє низкою переваг і недоліків, що проявляються при вирішенні певних задач. При виборі фреймворку необхідно враховувати декілька чинників, а саме:

1) можливості фреймворку повинні чітко відповідати завданням проекту. Зайвий функціонал не потрібен, але при цьому ніколи не повинно виникати обмежень при доопрацюванні проекту;

2) фреймворк повинен сприяти зменшенню часу розробки сайту;

3) для зручності використання фреймворку іншим розробником він повинен бути поширеним;

4) безпека фреймворка-один з найважливіших його показників.

У випадках прийняття рішення щодо вибору фреймворку, зазвичай порівнюється, з одного боку, заощаджений час за рахунок рішень, пропонує фреймворком, а з другого боку, час, що витрачений на вивчення нової платформи. За таких умов вибір доцільно спрямовувати на технологію, що дозволяє в мінімальні терміни вирішити потрібне завдання. Разом із тим слід відмітити, що вибір до застосування нової технології може стати дерелом таких ризиків, як: внутрішні помилки, слабка підтримка і документація від розробника, неопрацьованість рішень під конкретні задачі.

Взагалі, при виборі найбільш ефективного ВФК доцільно проаналізувати завдання, чітко його формалізувати, вибрати «топ-5» відповідних варіантів, написати на них невеликий додаток і обрати найкращий.

Також, існує потреба оцінювання ступеню відповідності функціоналу, з переліку претендентів, вимогам проекту, а також тривалість застосування готового функціоналу. При цьому, обов'язково потрібно звернути увагу на можливість зворотної сумісності, якщо фреймворк змінюється до версії *API*. За відсутності даної можливості такий ВФК використовувати не доцільно.

Як на думку авторів, обрання з відомого набору ВФК вважається нескладним завданням тому, що при проектуванні відразу видно потребу в тих чи інших технологіях. Далі постає завдання збільшення відомих фреймворків, тому, в даному випадку, варто, в першу чергу, вивчити фреймворки, які охоплюють різні технології і найбільш відрізняються один від одного. Наприклад, будь-який класичний *MVC*-фреймворк та ВФК іншої інфраструктури.

Також, слід відмітити, що вибір ВФК, як будь-якого інструменту, залежить від термінів проекту. Якщо проект короткотривалий, то слід обирати, наприклад, з групи *Bootstrap*, або щось нове і паралельно його вивчати. Якщо проект довготривалий, то краще формувати окрему бібліотеку структур.

Сучасні ВФК містять велику кількість готового функціоналу і помітно прискорюють розробку проектів. Тому, сьогодні більш актуальним вважається завдання вибору фреймворків, а не мов програмування. Зазвичай, вбудований готовий функціонал дозволяє зібрати досить ефективну бібліотеку структур. Важливою перевагою готового функціоналу, безперечно, залишається уникнення рутинного програмування. Разом із тим, одним з основних ризиків застосування різних ВФК і їх адаптації до конкретних задач, є «людський чинник». Як тільки завдання виходять за межі певного фреймворка або виникає необхідність у використанні іншого, часто виникає потреба залучення інших фахівців. Якщо сегментація технічних рішень поглиблюватиметься, то так і буде. Але в даний момент більшість фреймворків підтримують схожий функціонал, і сегментація не надто висока. Специфічні рішення є тільки для наймасовіших видів завдань.

Також, слід зауважити, що мови і фреймворки, особливо на пізніх стадіях розвитку, це ортогональні речі. У розвинених екосистемах фреймворки, як правило, мають *API* для роботи з декількома мовами і навпаки: мови з великою екосистемою мають низку фреймворків, готових для використання. В сучасних умовах, при старті проекту, вибір фреймворку, зазвичай, стоїть на першому місці, ще до вибору мови. Якщо ж, наприклад, дістався *legacy*-проект, то, як правило, вибір мови відсутній. Мікросервиси, один з головних архітектурних трендів сьогоднішнього дня, намагається вирішити в тому числі і цю проблему — «звільнити» розробників від використання конкретної мови або фреймворку, щоб кожна частина проекту розроблялася на найбільш адекватних для неї технологіях.

Слід виділити важливі чинники, що дають гарантію надійності і стабільності фреймворку. Гарантія надійності фреймворка – його відмовостійкість. Правильна розробка, оптимізація запитів, ефективне кешування – ось запорука успіху. Наявність стабільних релізів, велика кількість користувачів, наявність автоматизованих тестів, наявність активності, *opensource* (відкритий код).

Приймаючи до уваги активність застосування ВФК слід систематизувати проведені дослідження напрямів їх розвитку. Так, проведений аналіз свідчить про те, що фреймворки будуть рухатися по шляху «полегшення» розробки. Типові рішення, готові модулі та інше – все для того, щоб не підготовлена людина змогла розгорнути сайт.

Для багатьох популярних платформ період нарощування функціональності пройшов. На даний момент розвиток сфокусовано на збільшенні швидкодії. Це справедливо і для *frontend*, і для *backend*-фреймворків. В якості часткового рішення розглядається поділ фреймворка на логічні модулі. Для проекту повинен збиратися комплект бібліотек, що вирішують тільки необхідні завдання. А одним з рішень слід вважати щільніше з'єднання клієнтської та серверної частин фреймворків з єдиним синтаксисом та логікою роботи із контентом. Принцип «спрощення», який описано вище, призводить до того, що фреймворки стають складнішими за змістом, але все простішими для користувача.

Розвиток фреймворків залежить від потреб ринку та можливостей браузерів і призначених для користувача девайсів. Подальше удосконалення фреймворків, безпосередньо, залежить від розвитку і появи нових платформ, як, наприклад, розробка технології *Canvas*, *WebGL* *Node.js*–обумовила появу ВФК по роботі з ними.

Висновки. Проаналізувавши ряд наукових робіт, що стосуються використання фреймворків для розробки програмного забезпечення наочним є висновок, що незважаючи на велику популярність даних засобів, існують й протиріччя у їх використанні.

Вибір відповідного фреймворка є однією з основних засад, що визначає якість майбутнього сайту. Кожну з технологій, що наведені у даній статті можна вважати вичерпною у всіх відношеннях тому, що їх використовують, як у практиці перетворення в графічний інтерфейс (*frontend*), так і для розробки варіанту архітектури програмного забезпечення (*backend*). Тому, слід обирати платформу у відповідності до зручностей щодо мов програмування.

Agile найбільше підходить для проектів із «відкритим кінцем», наприклад, запуск інтернет-сервісів, розробка комп'ютерних ігор, операційних систем. Однак, гнучкість може

приводити до втрати фокусу та втрати передбачуваності. Дуже важливо відокремлювати помилки застосування гнучкого підходу від недоліків самої методології. Перш, ніж будуть реалізовані всі переваги підходу, потрібно буде деякий час на адаптацію до реалій конкретних завдань.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Лаврищева Е.М., Петрухин Е.М. Методы и средства инженерии программного обеспечения. Изд. МФТИ – Москва. – 2006. – 304 с.
2. С.С. Куликов. Тестирование программного обеспечения. Изд. «Четыре четверти» - Минск. – 2017. – 312 с.
3. Сем Канер, Джек Фолк, Енг Нгуен. Тестирование программного обеспечения. Фундаментальные концепции менеджмента бизнес приложения. Пер.с англ. – К.: Изд. «Диа Софт», - К. - 2001. – 544 с.
4. Мейерт Д.О. Небольшая книга о HTML /CSS фреймворках / Д.О. Мейерт // Орейли. – 2015. – 30 с.
5. Интернет-аудитория Украины. Статистика 2012-2013 и прогноз на 2014 год [Электронный ресурс] / Netpeak. Режим доступа ресурсу: [www/ URL: http://blog.netpeak.ua/internet-auditoriya-ukrainy-statistika-2012-2013-i-prognoz-na-2014-god](http://www.netpeak.ua/internet-auditoriya-ukrainy-statistika-2012-2013-i-prognoz-na-2014-god).
6. Агалаков С.А. Статистические методы анализа данных. - М. - 2018. - 18 с.
7. Білоконна К.В. Новітні технології розробки Web-додатків / Інноваційні та інформаційні технології в бізнесі та освіті [Електронний ресурс] : матеріали міжвузівського студентського вебінару (Вінниця, 21 жовт. 2015 р.) / відп. ред. Л.Б. Ліщинська. – Вінниця: ВТЕІ КНТЕУ, - 2015. – С. 9-10. – Режим доступу: http://www.vtei.com.ua/doc/materialu_vebinary.pdf
8. Ленков С.В., Огневий О.В., Коваль Б.А., Присяжнюк В.В. Аналіз архітектурних особливостей обчислювальних систем з програмованою структурою // Збірник наукових праць Військового інституту Київського університету імені Тараса Шевченка. – Київ, - 2018. - №61. – С. 103 – 114.
9. WRITING ANGULAR 2 IN TYPESCRIPT [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://victorsavkin.com/post/12355572351/writing-angular-2-in-typescrip> – Назва з екрана.
10. Lenkov, S., Kubyavka, M., Kubiavka, L., Lenkov, Y., Shevchuk, V. Reflex Intellectual text processing systems: Natural language text addressing (2019) CEUR Workshor Proceedings, ISSN: 16130073. - 2386, pp. 85-95.
11. One framework. Mobile and desktop [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://angular.io/> – Назва з екрана.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Lavrishheva E.M., Petruhin E.M. (2006), *Metody i sredstva inzhenerii programmnoho obespechenija* [Software Engineering Methods and Tools]. Moscow: MIPT. 304 p.
2. Kulikov S.S. (2017), *Testirovanie programmnoho obespechenija* [Software Testing]. Minsk; Izd. «Chetyre chetverti». 312 p.
3. Sem Kaner, Dzhek Folk, Eng Nguen (2001). *Testirovanie programmnoho obespechenija. Fundamental'nye koncepcii menedzhmenta biznes prilozhenija. Per.s ang. [Software testing. Fundamental concepts of business application management. Translated from English]*. Kiev: Izd. «Dia Soft». 544 p.
4. Mejert D.O. (2015), *Nebol'shaja kniga o HTML /CSS frejmvorkah / D.O. Mejert // Orejli*. 30 p.
5. *Internet-auditorija Ukrainy. Statistika 2012-2013 i prognoz na 2014 god* [Internet audience of Ukraine. Statistics 2012-2013 and forecast for 2014] / Netpeak. URL: <http://blog.netpeak.ua/internet-auditoriya-ukrainy-statistika-2012-2013-i-prognoz-na-2014-god>.
6. Agalakov S.A. (2018), *Statisticheskie metody analiza dannyh* [Statistical methods of data analysis]. Moscow. 18 p.
7. Bilokonna K.V. (2015), *Novitni tehnologii' rozrobky Web-dodatkov / Innovacijni ta informacijni tehnologii' v biznesi ta osviti [Elektronnyj resurs]* : materialy mizhvuzivs'kogo students'kogo vebinaru (Vinnycja, 21 zhovt. 2015 r.) / vidp. red. L.B. Lishhyn's'ka. Vinnycja: VTEI KNTEU/ Pp. 9-10. URL: http://www.vtei.com.ua/doc/materialu_vebinary.pdf
8. Ljenkov S.V., Ognjevyj O.V., Koval' B.A., Prysazhnjuk V.V. (2018). *Analiz arhitekturnyh osoblyvostej obchysljuval'nyh system z programovanoju strukturoju* [Analysis of architectural features of computer systems with programmable structure]. *Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka*. Kyiv, no. 61. Pp. 103 – 114.

9. WRITING ANGULAR 2 IN TYPESCRIPT. URL: <http://victorsavkin.com/post/12355572351/writing-angular-2-in-typescrip>.
10. Lenkov, S., Kubyavka, M., Kubiavka, L., Lenkov, Y., Shevchuk, V. Reflex Intellectual text processing systems: Natural language text addressing (2019) CEUR Workshor Proceedings, ISSN: 16130073. 2386. Pp. 85-95.
11. One framework. Mobile and desktop URL: <https://angular.io/>.

**Doctor of Technical Sciences, Prof. Shynkaruk O.M.,
Ph.D. Miroshnichenko O.V., Ph.D. Yashyna O.M.
ON THE QUESTION OF QUALITY MANAGEMENT OF SOFTWARE WEB SYSTEMS BY
DEVELOPMENT TOOLS**

This article presents the results of research on existing tools and the definition of theoretical aspects of the use of modern frameworks for software development, as well as justification of the feasibility and impact of variability of choice on the quality of software applications. The main results of the study are the rationale for the choice of frameworks for software development. It should be noted that despite the large number of frameworks, the structured analysis is carried out by a rather small number of researchers, which determines the scientific novelty of this issue. Choosing the right framework is one of the main principles that determine the quality of the future site. Each of the technologies presented in this article can be considered exhaustive in all respects because they are used both in the practice of converting to a graphical interface (frontend) and to develop a variant of software architecture (backend). Therefore, you should choose a platform according to the convenience of programming languages.

So Agile is best suited for open-ended projects, such as launching Internet services, developing computer games, and operating systems. However, flexibility can lead to loss of focus and loss of predictability. It is very important to separate the errors of the flexible approach from the shortcomings of the methodology itself. It will take some time to adapt to the realities of specific tasks before all the benefits of the approach are realized. The practical significance lies in the possibility of using certain frameworks in accordance with the needs of the customer and the developer to achieve certain results in software development.

Keywords. Framework, CSS, software, software product, programming language.

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

УДК 316.334.23:[004.056.5]

к.е.н., доц. **Городянська Л.В.** (ВІКНУ)
Цюкало Л.В. (ВІКНУ)

DOI: <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2021/70-11>

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА СУБ'ЄКТІВ МАЛОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

У статті визначено й проаналізовано характерні ознаки цифровізації сучасного суспільства, зокрема цифрової економіки. Зазначено, що прогрес у середовищі цифрових технологій вимагає застосування заходів інформаційної безпеки, в першу чергу, в фінансово-економічній діяльності суб'єктів малого підприємництва. Уточнено тлумачення дефініцій «інформаційна безпека» та «економічна безпека». Звертається увага на свідоме розуміння взаємодії між людьми й технологіями під час цифрової трансформації економіки таким чином, що новітні технології повинні адаптуватися до людей, а не навпаки. Підкреслюється, що таке розуміння може прийти лише в процесі навчання й набуття відповідних фахових компетентностей, особливо в середовищі суб'єктів малого підприємництва. Визначено види інформації суб'єктів малого підприємництва, які підлягають захисту, та складові економічної безпеки. Сформовано пропозиції щодо створення комплексної програми безпеки, до складу якої мають увійти план дій, спрямований на захист від зовнішнього та внутрішнього впливу на функціонування інформаційної системи підприємства, і комплекс заходів, призначений для захисту конфіденційності, доступності, цілісності даних від внутрішніх і зовнішніх, шкідливих та випадкових загроз. Інформаційна безпека суб'єктів малого підприємництва в умовах цифровізації має базуватися на таких позиціях: керівництво підприємства повинно регулярно проводити навчання всіх співробітників принципам інформаційної безпеки, захисту даних та убезпечити фізичні носії даних від кібератак; корпоративна мережа має бути сегментована, а доступ до неї – контрольованим; партнерська співпраця з постачальниками послуг з позицій інформаційної безпеки має бути рівнозначною; віддалений доступ до корпоративної мережі підприємства має бути максимально захищеним і відповідати нормам інформаційної безпеки. Вважається, що найбільш дієвими напрямками підвищення інформаційної безпеки суб'єктів малого підприємництва на державному рівні в умовах цифровізації суспільства є впорядкування спрощеної системи оподаткування, сприяння розвитку інноваційного підприємництва, формування сучасної інформаційної інфраструктури підтримки підприємництва тощо.

Ключові слова: цифровізація, цифрова технологія, цифрова економіка, суб'єкт малого підприємництва, інформаційна безпека, економічна безпека, захист інформації.

Вступ та постановка проблеми. Характерною ознакою сучасного глобалізованого світу є насичення усіх видів діяльності електронно-цифровими пристроями та засобами, системами й технологіями налагодження електронного комунікаційного обміну між ними. Це соціальне явище отримало назву – цифровізація або цифрові технології. На жаль, всі ці новітні й перспективні технології, застосовувані в суспільному житті й економіці, стають дуже привабливими для кіберзлочинців по всьому світу і вимагають певних заходів інформаційної безпеки, в першу чергу, в царині суб'єктів малого підприємництва (СМП), які в сучасних умовах відіграють провідну роль в суспільстві й державі.

Загрози в інформаційному світі можуть виникнути в будь-який момент «спілкування» з Інтернетом, де кіберзлочинці можуть скористатись доступом до конфіденційної інформації через фішинг-повідомлення електронної пошти, підробку в мережах, або через пошкоджене обладнання. Ризик наразитися на кіберзагрозу, пов'язану з витоком комерційної або конфіденційної інформації підприємства, суттєво зростає зі збільшенням кількості пристроїв в мережі, а також з поширенням в бізнесі хмарних обчислень. Саме тому стає життєво важливою проблема необхідного забезпечення інформаційної безпеки на підприємствах, що

передбачає розробки й застосування певних заходів і дотримання відповідних правил і вимог для безпечного та безперервного функціонування підприємства в умовах цифрової економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам дослідження економічної безпеки суб'єктів підприємницької діяльності, банків та інших організацій, а також основним тенденціям їх розвитку в сучасних умовах цифровізації суспільства присвячено праці багатьох авторів і чинні нормативні акти державних органів [1-18].

Вперше визначення «економічна безпека» з'являється приблизно в період соціально-економічних реформ у США, що супроводжувались економічним спадом в країні. Франклін Рузвельт [10, с. 37] розглядав економічну безпеку в контексті національної безпеки країни. Коли в 1985 р на 40-й сесії Генеральної Асамблеї ООН було прийнято резолюцію щодо міжнародної економічної безпеки, категорія «економічна безпека» набула офіційного статусу.

Огляд аналітичних доповідей і чинних документів [1-3; 5-9] разом із науковими працями [4; 11-18] показав всеосяжний характер вирішення проблеми економічної та інформаційної безпеки та її актуалізацію на різних рівнях економіки від мікро- до макрорівня. Дотримання вимог економічної безпеки є актуальною, дефініція «економічна безпека» в літературі [1-18] пов'язана з державною економічною політикою, економічною незалежністю, стабільністю національної економіки, інформаційною безпекою, безпекою банківської системи, здатністю підприємства до економічного розвитку та залежить від зміни умов зовнішнього середовища. Зазвичай фінансова та господарська діяльність суб'єктів малого підприємництва в сучасних умовах господарювання нерозривно пов'язана з використанням цифрових технологій. Інтеграція цифрових технологій із фінансовою сферою призвела до появи нових віртуальних форм банків, які стають все більш популярними серед користувачів та, безумовно, серед суб'єктів підприємницької діяльності. Суб'єкт підприємницької діяльності обов'язково використовує мережу Internet та банкінг для здійснення банківських операцій, наприклад, задля сплати податків, платежів, розрахунків з постачальниками та замовниками робіт (послуг) та інших фінансових операцій. Банківська сфера діяльності активно розвивається та є досить привабливим об'єктом інтересу кіберзлочинців [4]. Слушною є думка вчених С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко, які зазначають, що доступ до інформаційних ресурсів може бути обмежений задля досягнення інформаційної безпеки суб'єктів підприємництва [14].

Дефініції «економічна безпека» та «інформаційна безпека» на мікрорівні досліджували такі вчені як Т.Г. Васильців, В.І. Волошин, О.Р. Бойкевич, В. В. Каркавчук [11], С.М. Ілляшенко [12], Д. Ковалев, Т. Сухорукова [13], С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко [14]; О.Ф. Новікова, Р.В. Покотиленко [15], І.А. Федоренко [16], А. Янігло [17] та інші. Зокрема, вчені Д. Ковальов та Т. Сухорукова [13] тлумачили дефініцію «економічна безпека» в контексті захисту підприємства від впливу загроз. Автори вважали, що економічна безпека має сприяти захисту підприємства від впливу існуючих факторів зовнішнього та внутрішнього середовища та підкреслювати потребу в уникненні негативних наслідків та можливих загроз у процесі діяльності. На думку А. Янігло [17] «економічна безпека» є станом, що характеризує здатність суб'єкта підприємництва забезпечити ефективне використання підприємницьких можливостей та ресурсів з метою уникнення загроз та досягнення мети діяльності. Вважаємо, що дефініцію «економічна безпека» на мікрорівні доцільно дослідити з позиції підприємства як економічної системи, що знаходиться у динамічному розвитку. Складовими взаємопов'язаними елементами такої системи є фінансові ресурси, економічні ресурси та трудові ресурси суб'єкта малого підприємництва. Створення умов стабільного розвитку системи та її елементів, виявлення та попередження зовнішніх та внутрішніх загроз є важливими завданнями економічної й, особливо, інформаційної безпеки підприємства.

В контексті усього вище наведеного вирішення потребує низка питань, зокрема тих, що відносяться до інформаційної безпеки суб'єктів малого підприємництва. Слід зазначити, що цифрова економіка за визначенням містить нові можливості й для людини, і для суспільства, оскільки людина завжди бере участь у процесі виробництва товарів (робіт, послуг), є суб'єктом діяльності і має бути в центрі процесу діяльності. Цифрова трансформація

економіки вимагає свідомого розуміння взаємодії між людьми й технологіями, і ті, хто розуміє, що технології повинні адаптуватися до людей, а не навпаки, мають шанси на успіх. Таке розуміння може прийти лише в процесі навчання й набуття відповідних фахових компетентностей. Статус особистості дедалі більше залежить від освіти та активної життєвої позиції, як підкреслено у [1]. На жаль, зараз спостерігається неналежна якість професійно-технічної та вищої освіти, що зазначено в [2, с. 27]. Все це призводить до нових або зміни існуючих видів діяльності. Внаслідок стрімкого розвитку інформаційного світу й глобалізації суспільства відбувається зміна пріоритетів професійно-трудової діяльності людини, яка відтепер пов'язана з розвитком та перенесенням акцентів з матеріальних засобів праці на нематеріальні, цифрові, персональні обчислення. Що й породило додаткові ризики й загрози для безпеки як у повсякденному житті суспільства, так і для фінансово-господарської діяльності суб'єктів підприємництва.

Метою статті є формування пропозицій щодо напрямів інформаційної безпеки суб'єктів малого підприємництва в умовах цифровізації.

Досягнення мети передбачає виконання таких завдань:

- уточнити сутність понять «економічна безпека» та «інформаційна безпека»;
- визначити види інформації суб'єктів малого підприємництва, які потребують захисту;
- надати пропозиції щодо напрямів інформаційної безпеки суб'єктів малого підприємництва в умовах цифровізації.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах загального економічного спаду та недостатньої державної економічної політики суб'єкти малого підприємництва повинні створювати умови для протидії внутрішнім та зовнішнім загрозам і ризикам, визначаючи пріоритетні напрями посилення своєї економічної безпеки. Огляд чинної нормативної та наукової літератури [1-17] надав можливість дослідити сутність «економічної безпеки» та сформулювати узагальнене визначення цієї дефініції. Отже, економічна безпека є комплексом дієвих заходів офіційних державних органів, які забезпечують стійкість до зовнішніх і внутрішніх загроз, який характеризує здатність національної економіки до розширеного самовідтворення та задоволення потреб громадян, суб'єктів підприємництва, суспільства і держави на певному визначеному рівні та часовому проміжку.

Використання інформаційних технологій, наприклад, таких як технологія великих даних, штучний інтелект, технологія блокчейн, квантові технології, робототехніка, віртуальна реальність тощо, потребують визначення функціональних складових економічної безпеки суб'єктів підприємства. На основі комплексного аналізу нормативної, зарубіжної та вітчизняної літератури [7; 11-16; 17, с. 21] було визначено основні функціональні складові економічної безпеки СМП на мікрорівні (рис. 1).



Рисунок 1 – Функціональні складові економічної безпеки СМП на мікрорівні (розробка авторів на базі джерел [7; 11-16; 17, с. 21])

Охарактеризуємо сутність кожної функціональної складової економічної безпеки суб'єктів підприємництва:

- фінансова складова характеризує досягнення суб'єктом підприємництва раціонального використання ресурсів;
- політико-правова складова характеризує дотримання суб'єктом підприємництва вимог чинного законодавства, всебічне правове забезпечення правової діяльності підприємства;
- інтелектуальна і кадрова складові відображають рівень збереження і розвиток інтелектуального потенціалу, ефективне управління суб'єктами підприємництва відтворенням потенціалу персоналу;
- техніко-технологічна складова характеризує ступінь відповідності технологій, які застосовуються суб'єктами підприємництва, сучасним світовим аналогам за умови оптимізації витрат ресурсів;
- інформаційна складова характеризує ефективне інформаційно-аналітичне забезпечення суб'єктами підприємництва власної фінансово-господарської діяльності;
- екологічна складова характеризує дотримання суб'єктами підприємництва чинних екологічних норм;
- силова складова характеризує забезпечення суб'єктами підприємництва фізичної безпеки працівників.

Проблема формування комплексних знань, навичок і умінь працівника, які є необхідними для підтримки цілей безпеки, реалізації державних і громадських проєктів з підвищення рівня обізнаності суспільства щодо кіберзагроз та кіберзахисту є актуальною як на макро-, так і на мікрорівні. Пропозиції щодо напрямів відтворення інтелектуального потенціалу в умовах цифрових технологій розкрито у праці [18, с. 96-99]. Відтворення інтелектуального потенціалу персоналу, що є неідентифікованим ресурсом підприємства, доцільно планувати, спираючись на механізм відтворення інтелектуальних ресурсів підприємств та алгоритм прогнозного аналізу відтворюваних економічних ресурсів [18, с. 98; 19, с. 42-44; с. 225-228].

Визначимо особливості класифікації (типологію) підприємств України (табл. 1) з врахуванням нових змін до Закону України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» [20]. Ці зміни були внесені у зв'язку з потребою в адаптації законодавства відповідно до вимог МСФО та Директиви 2013/34/ЕС Європейського парламенту та Ради від 26.06.2013 року. Уточнимо критерії віднесення підприємств до СМП згідно вимог чинного законодавства [3; 6; 8; 20].

Відповідно до вимог [3; 6, с. 17; 20] підприємства (крім бюджетних установ) можуть належати до суб'єктів малого підприємництва, середнього або великого (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація суб'єктів підприємництва за розміром бізнесу
(складено авторами згідно з даними [3; 6, с. 17; 20])

Ознака суб'єктів підприємництва	Суб'єкти малого підприємництва		Суб'єкти середнього підприємництва	Суб'єкти великого підприємництва
	Мікро підприємства	Малі підприємства		
Балансова вартість активів	До 350 тис. €	До 4 млн. €	До 20 млн. €	Понад 20 млн. €
Чистий дохід	До 700 тис. €	До 8 млн. €	До 40 млн. €	Понад 40 млн. €
Середня чисельність працюючих	До 10 чоловік	До 50 чоловік	До 250 чоловік включно	Понад 250 чоловік

У дослідженні згідно з [3] мікропідприємства та малі підприємства вважаються суб'єктами малого підприємництва. Відповідно до статті 2 Закону [20] визначені критерії віднесення підприємств до суб'єктів малого підприємництва, це зокрема: балансова вартість активів; чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг); середня кількість працівників. Аналіз таблиці 1 показав, що чисельність працівників різних за розміром бізнесу видів підприємств може варіюватися від 10 до понад 250 чоловік. Навчання трудових ресурсів доцільно організувати на усіх без винятку підприємствах. Зазвичай керівник малого підприємства (до 10 чол.) за браком часу та обмеженої кількості трудових ресурсів уникає забезпечення вимог інформаційної безпеки. Однак йому варто володіти знаннями про можливі ризики. Варто також враховувати й морально-психологічні наслідки недотримання вимог інформаційної безпеки для користувачів, персоналу і власників бізнесу.

Згідно зі ст. 13 Закону України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» [7] «інформаційна безпека» тлумачиться як «стан захищеності життєво важливих інтересів людини, суспільства й держави, при якому запобігається нанесення шкоди» через:

- неповноту, невчасність та невірогідність інформації, що використовується;
- негативний інформаційний вплив;
- негативні наслідки застосування інформаційних технологій;
- несанкціоноване розповсюдження, використання і порушення цілісності, конфіденційності та доступності інформації.

Суб'єкти малого підприємництва [3] володіють цінною інформацією (наприклад, конфіденційною інформацією про бізнес, про ділові якості працівників та персональну інформацію щодо клієнтської бази та ін.). Досить важливою для суб'єктів малого підприємництва є інформація про фінансовий стан, конкурентоспроможність продукції, кількісний і якісний склад персоналу. Керівництво має ухвалювати рішення про те, хто і як визначатиме ступінь конфіденційності і важливості інформації. Відповідно до ст. 20 Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про інформацію» [21] інформація, за порядком доступу поділяється «на відкриту інформацію та інформацію з обмеженим доступом». В контексті інформаційного забезпечення підприємства різними видами інформації, яка призначена для ухвалення господарських управлінських рішень, зазвичай вживаються різні критерії класифікації інформації. Наприклад, у фінансовому розрізі використовується передусім економічна інформація, яка за функціональним призначенням поділяється на нормативну, планову, облікову, аналітичну та прогнозу інформацію. Економічна інформація структурується відповідно до поставлених цілей і завдань впливу на об'єкт управління та є різновидом управлінської інформації. Інформація є важливим елементом системи управління підприємством, тому що володіння, повною, достовірною, актуальною та оперативною інформацією забезпечує можливість прийняття ефективних управлінських рішень. Розрізняють такі види інформації:

- вхідна* (внутрішня) інформація, яку отримують в результаті відображення та фіксації тим чи іншим способом змін у господарських явищах і процесах;
- вихідна* (зовнішня) інформація, яка накопичується в результаті обробки даних.

Для суб'єктів малого підприємництва з огляду на захист інформаційних ресурсів важливою є вихідна інформація. Вихідну інформацію для підприємств поділяють на:

- інформацію про стан зовнішнього середовища, яка містить дані про ринкову кон'юнктуру;
- інформацію про передумови створення та фінансовий стан підприємства.

Вважаємо, що сутність інформаційної складової безпеки підприємства полягає у формуванні принципів, методів і заходів щодо виявлення, аналізу, запобігання та нейтралізації негативних джерел, причин і умов впливу на інформацію щодо господарської діяльності підприємства. При цьому поняття «інформаційна безпека» характеризує стан інформаційного захисту господарюючого суб'єкта в умовах, коли існує ймовірність загроз, що досягається

системою заходів, спрямованих на попередження, виявлення та ліквідацію інформаційних загроз. Можливість реалізації загроз залежить від наявності вразливих місць в інформаційній системі. Склад і специфіка вразливих місць визначається:

- типом вирішуваних завдань;
- характером інформації;
- апаратно-програмними особливостями обробки інформації на підприємстві;
- наявністю засобів захисту та їхніми характеристиками.

З позиції інформаційних технологій захисту інформації інформаційна безпека – це система заходів, що дає змогу виявляти: вразливі місця інформаційно-комунікаційної системи підприємства; небезпеки, які загрожують їй, і методи нейтралізації виявлених загроз. Під загрозою треба розуміти подію, яка може викликати порушення функціонування інформаційної системи, включаючи спотворення, знищення або несанкціоноване використання бази даних підприємства.

Таким чином, спектр інтересів інформаційної безпеки щодо інформації, інформаційних систем та інформаційних технологій як об'єктів безпеки можна поділити на такі основні категорії:

- 1) доступність – можливість за визначений час отримати певну інформаційну послугу;
- 2) цілісність – релевантність та несуперечливість інформації, її захищеність від руйнування та несанкціонованого змінювання;

- 3) конфіденційність – захищеність від несанкціонованого доступу.

Інформація на підприємстві є важливим комерційним активом. Це вимагає створення відповідної системи її захисту, що важливо в умовах бізнесу, де інформація наражається на все більшу кількість та різноманітність загроз і вразливих місць. Нанесення таких видів збитків, як зловмисний код, «злом» комп'ютера та інші кібератаки, стають все більш поширеними, амбітними та складнішими. Дотримання вимог інформаційної безпеки на підприємстві в умовах цифровізації передбачає планування заходів з регулярного навчання всіх співробітників, які працюють з даними, з метою уникнення людських за характером загроз і збереження інформації.

Однією із цілей інформаційної безпеки є захист даних, які підприємство збирає та використовує. Якщо інформація залишається незахищеною, до неї може отримати доступ будь-хто. Якщо інформація потрапить в чужі руки, вона може зруйнувати життя, бізнес, а також може бути використана для заподіяння шкоди. Сутність безпеки пов'язана з якістю або станом безпеки в контексті уникнення шкоди. Науковці С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко [14] підкреслюють, що метою інформаційної безпеки є захист інформації та її критичних елементів разом із системами та обладнанням, за допомогою яких використовують, зберігають та передають інформацію. Тобто це сукупність технологій, стандартів, політики та практик управління, які застосовують до інформації з метою її збереження. Враховуючи слушну думку вітчизняних вчених С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко [14] та зарубіжних авторів Вітмен і Маттор [22], запропоновано класифікацію (рис. 2), де визначено важливі функції інформаційної безпеки для суб'єктів підприємництва.

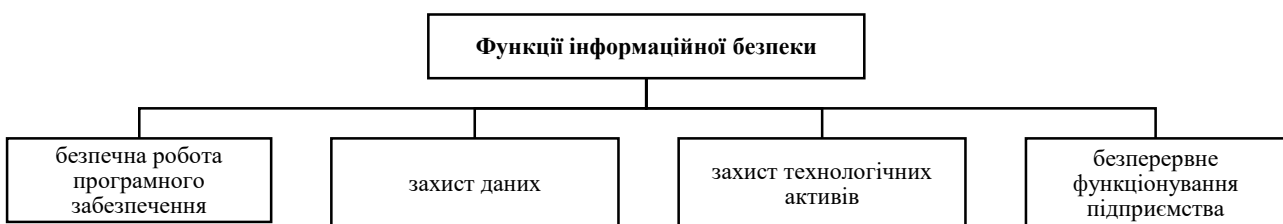


Рисунок 2 – Функції інформаційної безпеки підприємства (розробка авторів на базі [14; 22])

Дотримання функцій інформаційної безпеки на підприємстві дозволить:

–забезпечувати безпечну роботу програмного забезпечення, що реалізовано в системах цифрових технологій будь-якого підприємства;

–здійснювати захист даних, які підприємство збирає та використовує;

–захистити технологічні активи, що використовуються на підприємстві;

–сприяти безперервному функціонуванню підприємства.

Програми інформаційної безпеки забезпечують захист відповідної інформації як за діловими, так і юридичними вимогами, вживши заходів щодо захисту даних підприємства. Крім того, такі заходи покликані забезпечити збереження конфіденційності, комерційних таємниць та запобігання крадіжці інформації.

Таким чином, впровадження засад забезпечення інформаційної безпеки на підприємстві дозволить захистити технологічні активи (нематеріальні активи), фінансові операції, комерційну та конфіденційну інформацію.

Виходячи із вище сказаного, можна сформулювати такі основні пропозиції щодо вибору й реалізації напрямів інформаційної безпеки суб'єктів малого підприємництва в умовах цифровізації:

1. Керівництво підприємства повинно мати комплексну програму безпеки та регулярно проводити навчання всіх співробітників, які працюють з даними, щодо принципів інформаційної безпеки та захисту даних, можливих способів атак зловмисників, а також методів їх уникнення.

2. Фізичні носії даних та робочі пристрої мають бути захищеними від кібератак та інфікування шкідливим програмним забезпеченням. Для цього потрібно завжди коректно виходити з систем та ресурсів, які містять конфіденційні дані, користуватися методами шифрування даних та здійснювати регулярне резервне копіювання файлів.

3. Корпоративна мережа має бути сегментована таким чином, щоб конфіденційні дані були розміщені на окремих ресурсах, а користувачі, які отримують або намагаються отримати доступ до мережі, підлягали детальному моніторингу. Це значно знизить навантаження на систему, забезпечить контроль доступу до мережі та її безпеку.

4. Партнерська співпраця з постачальниками послуг в сучасних спрощених умовах комунікацій має бути, з позицій інформаційної безпеки, рівнозначною. Тобто такою, коли рівень безпеки постачальника відповідає рівню безпеки замовника послуг.

5. Віддалений доступ до мережі підприємства, який зараз набуває все більшого поширення і вважається чи не єдиним способом розв'язання соціальних проблем, має бути максимально захищеним і відповідати нормам інформаційної безпеки.

Висновки. У статті досить детально розкриті поняття «економічна безпека» та «інформаційна безпека» стосовно суб'єктів підприємництва в умовах цифровізації суспільства. Розкрито типологію суб'єктів підприємництва в Україні, що побудована з врахуванням міжнародної практики.

Визначено основні види інформації суб'єктів малого підприємництва, які підлягають захисту, та способи забезпечення їх інформаційної безпеки. Запропоновано заходи щодо вибору й реалізації напрямів інформаційної безпеки суб'єктів малого підприємництва, які можуть бути покладені в основу розробки комплексної програми безпеки.

Перспективою подальших досліджень з врахуванням вимог оптимізації участі України в міжнародному поділі праці є розробка комплексу заходів на державному рівні, до якого відноситься впорядкування спрощеної системи оподаткування, сприяння розвитку інноваційного підприємництва, кластерна організація малого бізнесу, формування сучасної інформаційної інфраструктури підтримки підприємництва, формування сприятливого бізнес-клімату тощо.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про внутрішнє та зовнішнє становище України : Аналітична доповідь Національного інституту стратегічних досліджень до щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України.

- URL: <https://niss.gov.ua/publikacii/poslannya-prezidenta-ukraini/analitichna-dopovid-do-schorichnogo-poslannya-prezidenta-4> (дата звернення: 24.02.2021).
2. Про Національну програму сприяння розвитку малого підприємництва в Україні : Закон України від 21 груд. 2000 року № 2157-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2157-14?find=1&text=> (дата звернення: 24.02.2021).
3. Про затвердження Порядку надання фінансової державної підтримки суб'єктам мікропідприємництва та малого підприємництва : Постанова Кабінету Міністрів України від 24 січ. 2020 р. № 28. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/28-2020-%D0%BF#n9> (дата звернення: 24.02.2021).
4. Gorodianska, L.V, Nosenko, T.I. & Vember, V.P. (2019) Neobanks operations and security features. Problems of Infocommunications. Science and Technology PIC S&T'2019: 2019 IEEE International Scientific and Practical Conference 08-11 October 2019 (pp. 839-842). – Kyiv. DOI: 10.1109/PICST47496.2019.9061268 [in Ukrainian].
5. Портал для підприємців // Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України : веб-сайт. URL: <https://sme.gov.ua/analitychni-materialy> (дата звернення: 24.02.2021).
6. OECD (2020), Моніторинг реалізації Стратегії розвитку МСП України на 2017-2020 роки // OECD Publishing, Paris. URL: https://sme.gov.ua/wp-content/uploads/2020/09/Monitoring_the_Implementation_of_Ukraine-s_SME_Development_Strategy_uk.pdf (дата звернення: 23.02.2021).
7. Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки : Закон України від 09 січ. 2007 р. № 537-V. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/537-16#n1> (дата звернення: 24.02.2021).
8. Що таке цифрова трансформація компанії? // Creatio – платформа для управління бізнес-процесами : веб-сайт. URL: <https://www.terrasoft.ua/page/digital-transformation> (дата звернення: 24.02.2021).
9. Україна 2030E – країна з розвинутою цифровою економікою // Український Інститут майбутнього. URL: <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html> (дата звернення: 24.02.2021).
10. Франклин Р. Беседы у камина. О кризисе, олигархах и войне. Москва: Литагент Алгоритм, 2016. 408 с.
11. Фінансово-економічна безпека підприємств України: стратегія та механізми забезпечення : монографія / Васильців Т. Г., Волошин В. І., Бойкевич О. Р., Каркавчук В. В. / за ред. Т.Г. Васильціва. Львів : Ліга-Прес, 2012. 388 с.
12. Ильяшенко С.Н. Составляющие экономической безопасности предприятия и подходы к их оценке. *Актуальні проблеми економіки* : науковий журнал. 2003. № 3. С. 11-19.
13. Ковалев Д., Сухорукова Т. Экономическая безопасность предприятия. *Економіка України*. 1998. № 10. С. 48-51.
14. Ленков С. В., Перегудов Д. А., Хорошко В. А. Методы и средства защиты информации : монографія в 2 т. / Киев : Арий, 2008. Т. 2 : Информационная безопасность / под ред. В. А. Хорошко. 343 с.
15. Новікова О.Ф., Покотиленко Р.В. Економічна безпека: концептуальне визначення та механізм забезпечення : монографія. Донецьк: Ін-т економіки промисловості НАН України, 2006. 408 с.
16. Федоренко І.А., Мейта В.І. Розвиток концептуальних підходів до визначення економічної безпеки промислових підприємств. *Інноваційна економіка*. 2013. № 5. С. 304-308 URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/inek_2013_5_77.pdf (дата звернення 23.02.2021).
17. Яніогло А. Комплексная система обеспечения экономической безопасности предприятий (на примере АТО Гагаузия): дис. ... д-ра экон.наук: 521.03. Кишинэу, 2017. 188 с.
18. Городянська Л.В. Напрями відтворення інтелектуального потенціалу підприємства в умовах цифрових технологій. *Нові інформаційні технології управління бізнесом* : збірник тез IV Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 11 лют. 2021 р.). Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2021. – С. 96-99.
19. Городянська Л. В. Відтворювані економічні ресурси: теорія та методологія обліку і аналізу : монографія. Київ: КНЕУ, 2013. 259 с.
20. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України від 16 липн. 1999 р. № 996-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-14#Text> (дата звернення: 24.02.2021).
21. Про інформацію: Закон України від 02.10.1992 р. № 2657-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12?find> (дата звернення: 24.02.2021).

22. Global Cybersecurity Status Repor. (2015, January). ISACA International. Retrieved from https://www.isaca.org/cyber/Documents/2015-Global-Cybersecurity-StatusReport-Data-Sheet_mkt_Eng_0115.pdf (дата звернення: 24.02.2021).

REFERENCES:

1. Pro vnutrishnje ta zovnishnje stanovyshhe Ukrainy : Analitichna dopovidj Nacionaljnogho instytutu strategichnykh doslidzhenj do shhorichnogho Poslannja Prezydenta Ukrainy do Verkhovnoji Rady Ukrainy (2020), niss.gov.ua/publikacii/poslannya-prezidenta-ukraini/analitichna-dopovid-do-schorichnogho-poslannya-prezidenta-4 (accessed 24 February 2021).
2. Pro Nacionaljnu prohramu spryjanja rozvytku malogho pidpryjemnytva v Ukraini : Zakon Ukrainy (2000), zakon.rada.gov.ua/laws/show/2157-14?find=1&text= (accessed 24 February 2021).
3. Pro zatverdzhennja Porjadku nadannja finansovoji derzhavnoji pidtrymky sub'jektam mikropidpryjemnytva ta malogho pidpryjemnytva : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy (2020), zakon.rada.gov.ua/laws/show/28-2020-%D0%BF#n9 (accessed 24 February 2021).
4. Gorodianska, L.V, Nosenko, T.I. and Vember, V.P. (2019) «Neobanks operations and security features». *Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T'2019: 2019 IEEE) International Scientific and Practical Conference*, Kyiv, 08-11 October 2019, pp. 839-842. DOI: 10.1109/PICST47496.2019.9061268.
5. Ministerstvo rozvytku ekonomiky, torghivlja ta siljskogho ghospodarstva Ukrainy (2019). *Portal dlja pidpryjemciv*. [online] Available at: sme.gov.ua/analitichni-materialy (accessed 24 February 2021).
6. OECD Publishing, Paris (2020). *Monitoryng realizaciji Strateghiji rozvytku MSP Ukrainy na 2017-2020 roky*. [online] Available at: sme.gov.ua/wp-content/uploads/2020/09/Monitoring_the_Implementation_of_Ukraine-s_SME_Development_Strategy_uk.pdf (accessed 24 February 2021).
7. Pro Osnovni zasady rozvytku informacijnogho suspiljstva v Ukraini na 2007-2015 roky : Zakon Ukrainy (2007), zakon.rada.gov.ua/laws/show/537-16#n1 (accessed 24 February 2021).
8. Creatio platforma dlja upravlinnja biznes-procesamy (2020). *Shho take cyfrova transformacija kompaniji?* [online] Available at: www.terrasoft.ua/page/digital-transformation (accessed 24 February 2021).
9. Ukrainskyj Instytut majbutnjogho (2020). *Ukrajina 2030E – krajina z rozvynutoju cyfrovoju ekonomikou*. [online] Available at: strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikou.html (accessed 24 February 2021).
10. Franklin, R. (2016), «*Besedy u kamina. O krizise, oligarhah i voyne*» [Conversations by the fireplace. About the crisis, oligarchs and war], 408 p.
11. Vasylyciv, T.Gh. eds., Voloshyn, V.I., Bojkevych, O.R. and Karkavchuk, V.V. (2012) «*Finansovo-ekonomichna bezpeka pidpryjemstv Ukrainy: strateghija ta mekhanizmy zabezpechennja: monohrafija*» [Financial and economic security of Ukrainian enterprises: strategy and support mechanisms], Lviv, 388 p.
12. Ilyashenko, S.N. (2003), «*Sostavlyayuschie ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya i podhody k ih otsenke*» [Components of economic security of the enterprise and approaches to their assessment], *Aktualni problemi ekonomiki*, № 3, pp. 11-19.
13. Kovalev, D. and Suhorukova, T. (1998), «*Ekonomicheskaya bezopasnost predpriyatiya*» [Economic security of the enterprise], *Ekonomika Ukrainy*, № 10, pp. 48-51.
14. Lenkov, S.V., Peregudov, D.A., Horoshko, V.A. eds., (2008), «*Metody i sredstva zaschityi informatsii : monografiya., vol. Informatsionnaya bezopasnost*» [Methods and means of information protection, vol. 2: Information Security], Ariy, Kyiv, 343 p.
15. Novikova, O.F. and Pokotylenko, R.V. (2006) «*Ekonomichna bezpeka: konceptualjne vyznachennja ta mekhanizm zabezpechennja : monohrafija*» [Economic security: conceptual design and mechanism of security], In-t ekonomiky promyslovosti NAN Ukrainy, Donecjk, 408 p.
16. Fedorenko, I.A. and Mejta, V.I. (2013) «*Rozvytok konceptualjnykh pidkhodiv do vyznachennja ekonomichnoji bezpeky promyslovykh pidpryjemstv*» [Development of conceptual approaches to the value of economic security of industrial enterprises], *Innovacijna ekonomika*. № 5. pp. 304-308.
17. Yanloglo, A. (2017), «*Kompleksnaya sistema obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiy (na primere ATO Gagauziya): dissertaion*» [Comprehensive system for ensuring the economic security of enterprises (on the example of ATU Gagauzia)], Kishineu, 188 p.
18. Gorodianska, L.V. (2021) «*Naprijamy vidtvorennya intelektualjnogho potencialu pidpryjemstva v umovakh cyfrovykh tekhnologhij*» [Directions of reproduction of intellectual potential of the enterprise in the conditions of digital technologies]. *Novi informacijni tekhnologhiji upravlinnja biznesom : zbirnyk tez IV Vseukr. nauk.-prakt. konf., Spilka avtomatyzatoriv biznesu*, Kyiv, pp. 96-99.
19. Gorodianska, L. V. (2013) «*Vidtvorjувani ekonomichni resursy: teorija ta metodologhija obliku i*

analizu : monohrafija» [Recreating economic resources: theory and methodology of accounting and analysis], KNEU, Kyiv, 259 p.

20. Pro bukhghalterskyj oblik ta finansovu zvitnistj v Ukrajinu : Zakon Ukrajinu (1999), zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-14#Text (accessed 24 February 2021).

21. Pro informaciju: Zakon Ukrajinu (1992), zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12?find (accessed 24 February 2021).

22. ISACA International (2015, January). *Global Cybersecurity Status Repor.* [online] Available at: www.isaca.org/cyber/Documents/2015-Global-Cybersecurity-StatusReport-Data-Sheet_mkt_Eng_0115.pdf (accessed 24 February 2021).

**Ph.D. in Economics, Associate Professor Gorodianska L.V., Tsiukalo L.V.
INFORMATION SECURITY OF SMALL BUSINESSES IN THE CONTEXT OF
DIGITALIZATION**

The article defines and analyzes the characteristic features of modern society digitalization, in particular the digital economy. It is noted that progress in the digital technology environment requires the application of information security measures, primarily in the financial and economic activities of small businesses. The interpretation of the definitions «information security» and «economic security» has been clarified. Attention is drawn to a conscious understanding of the interaction between people and technology during the digital transformation of the economy in such a way that the latest technologies must adapt to people, and not vice versa. It is emphasized that such an understanding can come only in the process of training and acquiring appropriate professional competencies, especially among small businesses. The types of small businesses information that are subject to protection and components of economic security are determined. Proposals have been formed for the creation of a comprehensive security program, which should include an action plan aimed at protecting the functioning of the enterprise's information system from external and internal influences, and a set of measures designed to protect the confidentiality, availability, and integrity of data from internal and external, malicious and accidental threats. Information security of small businesses in the context of digitalization should be based on the following positions: the management of the enterprise should regularly train all employees in the principles of Information Security, data protection and protect physical data carriers from cyber attacks; the corporate network should be segmented, and access to it – controlled; partnership with service providers from the point of view of information security should be equivalent; remote access to the corporate network of the enterprise, which is now becoming more widespread, should be as secure as possible and comply with information security standards.

A promising area of further research is the development of a set of measures at the state level, which includes streamlining the simplified tax system, promoting the development of innovative entrepreneurship, cluster organization of small businesses, the formation of a modern information infrastructure to support entrepreneurship, the formation of a favorable business climate.

Keywords: digitalization, digital technology, digital economy, small business entity, information security, economic security, information protection.

ДАНІ ПРО АВТОРІВ

Банзак Геннадій В'ячеславович, кандидат технічних наук, доцент, доцент, кафедри Метрології та метрологічного забезпечення Одеської державної академії технічного регулювання та якості, Orcid: 0000-0003-1684-3785.

Банзак Оксана Вікторівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Електроніки та мікросистемної техніки Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку, ORCID: 0000-0002-6649-5013.

Барабаш Олег Володимирович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів та систем теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», ORCID: 0000-0003-1715-0761.

Бондаренко Тетяна Василівна, науковий співробітник наукового центру Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, ORCID:0000-0002-2879-2041.

Боровик Дмитро Олегович, студент Хмельницького національного університету, ORCID: 0000-0003-4715-0658.

Боровик Олег Васильович, доктор технічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, начальник відділу моніторингу освітньої діяльності та забезпечення якості вищої освіти, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна, ORCID: 0000-0003-3691-662X.

Городянська Лариса Володимирівна, кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансового забезпечення військ Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-4482-1690.

Добровольська Світлана Василівна, старший викладач кафедри Електроніки та мікросистемної техніки Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку ORCID: 0000-0001-6897-9022.

Дорошенко Т.В., кандидат педагогічних наук, Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку.

Зінчик Андрій Григорович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0003-4029-2282.

Комарова Лариса Олексіївна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, професор кафедри Телекомунікацій Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку, ORCID: 0000-0002-9776-0879.

Коноваленко Олексій Іванович, в/ч А 3814, ORCID: 0000-0002-2179-5477.

Кошовий Микола Дмитрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського «Харківський авіаційний інститут», ORCID: 0000-0001-9465-4467.

Кухарук Аліна Едуардовна, аналітик комп'ютерних мереж ТОВ ECOMM Co, ORCID: 0000 0001 6211 2751.

Ленков Євген Сергійович, кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник наукового центру Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, ORCID: 0000-0001-5819-2656.

Ленков Сергій Васильович, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, головний науковий співробітник науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0001-7689-239X.

Литвиненко Наталія Ігорівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії науково-дослідного центру

Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-2203-2746.

Малкова Ганна Вікторівна, аспірант кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського «Харківський авіаційний інститут», ORCID: 0000-0003-3377-0901.

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.

Мусієнко Андрій Петрович, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів та систем теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», ORCID: <https://ORCID.org/0000-0002-1849-6716>.

Мясищев Олександр Анатолійович, доктор технічних наук, професор, професор Хмельницького політехнічного фахового коледжу Національного університету "Львівська політехніка", ORCID: 0000-0003-1269-425X.

Пампуха Ігор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, начальник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-4807-3984.

Передерко Анатолій Леонтійович, кандидат технічних наук, доцент Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку, ORCID: 0000-0002-9625-4798.

Ряба Людмила Олександрівна, науковий співробітник науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-7436-4443.

Сєлюков Олександр Васильович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, директор Державне підприємство «Центр точного машинобудування», ORCID: 0000-0001-7979-3434.

Собчук Валентин Володимирович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри вищої математики Державного університету телекомунікацій, ORCID: 0000-0002-4002-8206.

Солодєва Людмила Василівна, науковий співробітник науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-7979-8443.

Толок Ігор Вікторович, кандидат педагогічних наук, доцент, Заслужений працівник освіти України, Лауреат Державної премії України в галузі освіти, начальник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0001-6309-9608.

Федченко Олексій Петрович, кандидат військових наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0003-1343-3828.

Цюкало Людмила Вікторівна, начальник лабораторії науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID: 0000-0002-6870-4683.

Шинкарук Олег Миколайович, доктор технічних наук, професор, заслужений працівник освіти України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Львівський Державний університет внутрішніх справ, проректор, ORCID: 0000-0003-4499-8282.

Яшина Оксана Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інженерії програмного забезпечення Хмельницького національного університету, ORCID: 0000-0001-7816-1662.

Алфавітний покажчик

Банзак Г.В.	16	Коноваленко О.І.	5	Передерко А.Л.	60
Банзак О.В.	5	Кошовий М.Д.	42	Ряба Л.О.	49
Барабаш О.В.	77	Кухарук А.Е.	89	Сєлюков А.В.	5
Бондаренко Т.В.	16	Лєнков Є.С.	16	Собчук В.В.	77
Боровик Г.О.	21	Лєнков С.В.	49,69	Солодєєва Л.В.	69
Боровик О.В.	21	Литвиненко Н.І.	89	Толок І.В.	16
Городянська Л.В.	105	Малкова Г.В.	42	Федченко О.П.	89
Добровольська С.В.	5	Мірошніченко О.В.	96	Цюкало Л.В.	105
Дорошенко Т.В.	69	Мусієнко А.П.	77	Шинкарук О.М.	96
Зінчик А.Г.	49	Мясищєв А.А.	49	Яшина О	96
Комарова Л.О.	69	Пампуха І.В.	49		

УВАГА!

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.

УВАГА! ЗМІНИЛИСЯ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ!
(Статті, що не відповідають вимогам, прийматися до розгляду не будуть!)

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 – не менше 6 повних аркушів українською або англійською мовами.

Формат аркуша - **A4 (210 x 297 мм)**.

Розмір полів: верхнє, нижнє, праве, лівє – **2 см**.

Основний шрифт – **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;

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, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, формулювання цілей 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 трьома 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 15 %.

Якщо основною мовою статті є українська або російська, 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, завіреним печаткою

У відомостях про авторів (українською та англійською мовами) наводиться:

- прізвище, ім'я та по батькові;
- науковий ступінь, вчене звання, почесні звання;
- посада та назва установи, де працює автор, її місце розташування (місто, країна);
- обліковий запис автора ORCID;
- адреса електронної пошти, контактний телефон.

Вимоги до оформлення References

References потрібно приводити окремим блоком, повторюючи послідовність попередньо наведеного Списку літератури. Джерела при цьому оформлюються за такими основними правилами (Harvard style оформлення BSI: British Standards Institution):

– запис завжди починається з прізвища автора, потім, через кому, ініціали (між ініціалами пропуски не ставляться), за якими в дужках вказується дата видання; два автори відокремлюються «and» без коми; кілька авторів розділяються комами, але останнє прізвище повинно бути відокремлено «and» без коми;

- витяги з публікацій, тобто назви статей журналів, глав в книгах наводять у "лапках";
- назва журналу або книги завжди виділяється курсивом;
- ім'я видавця вказується перед місцем видання;
- коми використовують для поділу елементів запису;
- для джерел українською або російською мовою, що наводяться у References, назви статей журналів, глав в книгах наводять латиницею (транслітерацією) у "лапках" та перекладом на англійську мову у квадратних дужках. Онлайн-конвертер з української мови для транслітерації: <http://translit.kh.ua/?passport>.

Приклади оформлення References за стилем Harvard British Standards Institution

Книга (ДСТУ 8302:2015)

Інформаційно-психологічна боротьба у воєнній сфері : монографія / Г.В. Певцов, А.М. Гордієнко, С.В. Залкін, С.О. Сідченко, А.О. Феклістов, К.І. Хударковський. Х. : Вид. Рожко С.Г., 2017. 276 с.

Книга (Harvard style BSI)

Pievtsov, H.V., Hordiienko, A.M., Zalkin, S.V., Sidchenko, S.O., Feklistov, A.O. and Khudarkovskiy, K.I. (2017), "Informatsiino-psykholohichna borotba u voiennoi sferi: monohrafiia" [The information and psychological struggle in the military sphere], Rozhko S.H., Kharkiv, 276 p.

Стаття із періодичного видання (ДСТУ 8302:2015)

Карпенко, Д.В. Стан та перспективи розвитку зенітного ракетного озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2017. № 2(27). С. 75–78.

Стаття із періодичного видання (Harvard style BSI)

Karpenko, D.V. (2017), "Stan ta perspektyvy rozvytku zenitnoho raketnoho ozbroiennia Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy" [The state and perspectives of the development of anti-

aircraft missile armaments in the Air Force of Ukraine], Science and Technology of the Air Force of Ukraine, No. 2(27), pp. 75–78.

Дисертація (ДСТУ 8302:2015)

Белозеров, И.В. Религиозная политика: дис. ... канд. ист. наук: 07.00.02; защищена 22.01.02; утв. 15.07.02 / Белозеров Иван Валентинович. К., 2002. 215 с.

Дисертація (Harvard style BSI)

Belozerov, I.V. (2002), "Relyhyoznaia polityka: dissertation" [The religious policy: dissertation], Kiev, 215 p.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (ДСТУ 8302:2015)

Романов В. К вопросу о путях достижения национальной безопасности в условиях глобализации: проблемы теории и практики в контексте внешней политики России и Польши [Электронный ресурс] Безопасность и оборона, 2016. № 1(2), С. 7–15. Режим доступа до журн.: http://www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (Harvard style BSI)

Romanov, V. (2016), "K voprosu o putyakh dostizheniya natsionalnoy bezopasnosti v usloviyakh globalizatsii: problemy teorii i praktiki v kontekste vneshney politiki Rossii i Polshi" [To the question about the ways to achieve national security in the context of globalization: the problems of theory and practice in the context of the foreign policy of Russia and Poland], Security and Defence Journal, No. 1(2), pp. 7–15, www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf (accessed 12 July 2017). (примітка: при наведенні URL "http: //" має бути виключено).

Більш детальну інформацію щодо оформлення бібліографічних посилань за стилем Harvard British Standards Institution можна знайти на сайті *Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського* та онлайн генератора посилань *Cite This For Me*.

Редакційна колегія: e-mail: lenkov_s@ukr.net

Шрифт

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У «ЗБІРНИКУ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ВІКНУ»

УДК

науковий ступінь, вчене звання
ініціали та прізвище автора (співавторів)
Місце роботи автора (співавторів)

12 пт

УДК 32.973.202:07.681

д.т.н., проф. Степанов С.В. (ВІКНУ)
к.т.н., с.н.с. Українець О.В. (ВІКНУ)
к.т.н. Саленко В.Д. (ВІКНУ)

12 пт
жирний

КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ПРИСТРОЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЖЕСТІВ

Анотація до статті виконується українською та англійською мовами (загальний обсяг кожної не менш ніж **1800** знаків, включаючи ключові слова).

11 пт
курсив,
жирний

Для керування електронними пристроями, для сучасного користувача важливими критеріями є такі, як: зручність та простота керування. Для того щоб надати користувачу такі можливості та зручності в використанні, є досить доцільною розробка системи, яка б надавала такі можливості. Керування системою, яка працює на основі жестів, є надзвичайно перспективним, та може суттєво полегшити користувачу роботу з нею, тому що, жести які потрібні для керування системою, можуть бути інтуїтивно зрозумілими користувачу, порівняно з іншими системами які працюють за допомогою комбінацій клавіш.

Для вирішення задач керування за допомогою жестів, пропонується програмно-апаратний комплекс, який побудований на основі різних модулів, кожен з яких в свою чергу виконує відповідну роль в системі, наприклад знаходить точку інтересу з множини чи вираховує глибину сцени. Також в системі є ядро, яке відповідає за аналіз модифікаторів та жестів. На основі даних модулів стає можливо створити систему, яка б працювала на основі жестів. Але для створення даної системи, потрібно вирішити певні задачі, такі як: сегментація, скелетизація, спостереження. Кожна з яких містить в собі відповідні математичні моделі та визначення. Запропонований програмно-апаратний комплекс для керування природними жестами. Суть програмно-апаратного комплексу полягає в тому, щоб забезпечити користувача таким інтерфейсом, щоб він виконував роботу знаходячись частково віддалено від робочого місця, чи маніпулював інструментами на відстані, тобто за допомогою жестів. Використання запропонованого програмно-апаратного комплексу дозволить покращити показники стерильності в операційних, підвищити технічну безпеку під час виконання безпосередньої роботи користувача з приладами.

Ключові слова: штучний інтелект, контролери, модулі, жести, глибина сцени, точка інтересу, аналіз модифікаторів, аналіз жестів, сегментація, скелетизація, спостереження.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ СТАТТІ

12 пт

НЕОБХІДНІ ЕЛЕМЕНТИ СТАТТІ:вступ та постановка проблеми (задачі) у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття, формулювання цілей статті (постановка завдання), виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; їх практичного значення та результатів експерименту чи впровадження; висновки з даного дослідження і

перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Література. References.

Таблиці 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.

Рисунки

ЛІТЕРАТУРА

Перший (список літератури на мові оригіналу джерела) – згідно наказу МОН № 40 від 12.01.2017 та відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»;

другий (REFERENCES) з урахуванням ДСТУ 8302:2015, наказу МОН № 40 від 12.01.2017 та міжнародного Гарвардського стилю BSI (British Standards Institution).

ЛІТЕРАТУРА:

11 пт

ЗРАЗОК

1. Ленков С.В., Толлок І.В., Цицарев В.М., Ленков Є.С. Моделювання процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання технічних об'єктів. *Системи озброєння і військова техніка*. Харків. 2018. Вип. 1(53). С. 155 – 162.

2. Жиров Г.Б., Ленков Є.С., Цицарев В.М., Проценко Я.М. Моделювання процесу відмов об'єктів, що відновлюються з ієрархічною конструктивною структурою. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Київ. 2017. Вип. 55. С. 30-39.

REFERENCES:

11 пт

ЗРАЗОК

1. Ljenkov, S.V., Tolok, I.V., Tsytsarev, V.N. and Ljenkov, 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., Ljenkov, Je.S., Syrcarjev, V.M. and Procenko, Ja.M. (2017), "Modeljuvannja procesu vidmov ob'ektiv, shho vidnovljujut'sja z ijerarhichnoju konstruktivnoju strukturoju" [Simulation of the process of failure of objects that are restored with a hierarchical constructive structure], *Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, No. 55, pp. 30-39.

11 пт
курсів,
журний

Prof. Stepanov S.V., Ph.D. Ukrainets O.V., Ph.D. Salenko V.D. CONTROL ELECTRONIC DEVICES USING GESTURES

For management of electronic devices, for today's user important criteria are: convenience and ease of management. In order to provide the user with such opportunities and usability to use, it is quite reasonable to develop a system that would provide such opportunities. Managing a gesture-based system is extremely promising, but can greatly facilitate the user to work with it, because the gestures that are needed to manage the system can be intuitive to the user, compared to other systems that operate using keyboard shortcuts. To solve the problems of managing using gestures, a software-hardware complex is proposed that is based on different modules, each of which in turn plays an appropriate role in the system, for example, finds a point of interest from a plurality or calculates the depth of a scene.

Also, the system has a kernel that is responsible for analyzing modifiers and gestures. Based on the data of the modules it becomes possible to create a system that would work on the basis of gestures. But for the creation of this system, it is necessary to solve certain problems, such as: segmentation, skeletalization, observation. Each of them contains the corresponding mathematical models and definitions. Proposed hardware and software complex for management of natural gestures. The essence of the software and hardware complex is to provide the user with such an interface that he was performing work while being partially remote from the workplace, or manipulating tools at a distance, that is, using gestures. The use of the proposed software-hardware complex will improve the sterility parameters in the operating system, increase the technical safety during the direct work of the user with the devices.

Keywords: artificial intelligence, controllers, modules, gestures, depth of the scene, point of interest, analysis of modifiers, gesture analysis, segmentation, skeletonization, observation.

Дані про авторів (прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи) наводяться трьома мовами: українською, англійською), ORCID (<https://ORCID.org>)

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, stepanov@ukr.net, 068 652 26 62.

Українець Олексій Васильович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-1204-6512-1235, ukr@ukr.net, 073 556 6776.

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.

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**

№ 70

Усі матеріали надруковані в авторській редакції.
Деякі статті не рецензуються, у зв'язку з пріоритетною кваліфікацією авторів або через сумніви редколегії у змісті.

Підписано до друку 21.05.21 р.
Авт. друк. Арк. 11. Формат 60x90/8
Безкоштовно. Замовлення № 10-2012

Надруковано у навчальному картографічному комплексі ВІКНУ

03189, Київ, вул. Ломоносова 81

т. 521-32-89