



УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ЕКСПЕРТИЗИ ТА ІНФОРМАЦІЇ

■ НАУКА ■ ТЕХНОЛОГІЇ ■ ІННОВАЦІЇ

science • technologies • innovations

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№2 (26)/2023

ISSN 2520-6524



9 772520 652007

ЗАСНОВНИКИ:

ДНУ “Український інститут
науково-технічної
експертизи та інформації”

ДУ “Інститут досліджень науково-технічного
потенціалу та історії науки
ім. Г. М. Доброва НАН України”

ДВНЗ “Український державний
хіміко-технологічний
університет” МОН України

ISSN 2520-6524

№ 2 (26)/2023

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Виходить 1 раз на квартал / Видається з 1 січня 2017 р.

Свідоцтво про реєстрацію у Міністерстві юстиції:
серія KB № 22498-12398P від 13.01.2017 р.

Передплатний індекс — 60072.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Камишин В. В., д-р пед. наук

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА:

Рева О. М., д-р техн. наук

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Аврамчук Б. О., канд. екон. наук

Верещак В. Г., д-р техн. наук

Дубницький В. І., д-р екон. наук

Єгоров І. Ю., д-р екон. наук

Писаренко Т. В., канд. техн. наук

Півоваров О. А., д-р техн. наук

Попович О. С., д-р екон. наук

Федулова С. О., д-р екон. наук

Черваков О. В., д-р екон. наук

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Гусейнова А., д-р екон. наук (Азербайджан)

EDITORIAL BOARD

CHIEF EDITOR

Kamyshyn V. V., D. Sc. in Pedagogy

ASSOCIATE EDITOR:

Reva O. M., D. Sc. in Engineering

EDITORIAL BOARD MEMBERS:

Avramchuk B. O., PhD in Economics

Vereshchak V. G., D. Sc. in Engineering

Dubnytskyi V. I., D. Sc. in Economics

Yehorov I. Yu., D. Sc. in Economics

Pysarenko T. V., PhD in Engineering

Pivovarov O. A., D. Sc. in Engineering

Popovych O. S., D. Sc. in Economics

Fedulova S. O., D. Sc. in Economics

Chervakov O. V., D. Sc. in Economics

FOREIGN MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Huseinova A., D. Sc. in Economics (Azerbaijan)

ІННОВАЦІЙНА ЕКОНОМІКА

<i>Гусейнова А., Мазанова О.</i> Короткострокове прогнозування валового внутрішнього продукту	3
<i>Гламаздин В.П., Мельник О.В., Тонкоголосюк В.М.</i> Аналіз роботи паливно-енергетичного комплексу України в умовах військової агресії та визначення перспективних напрямів розвитку	11

РОЗВИТОК НАЦІОНАЛЬНОЇ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

<i>Горностай Н.І., Михальченко О.Є.</i> Стан та особливості розвитку транскордонного співробітництва в Україні.	20
---	----

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

<i>Рева О.М., Камишин В.В., Кириченко К.В., Яроцький С.В., Сагановська Л.А.</i> Формування спектру системно-інформаційних критеріїв узгодженості експертних думок	26
---	----

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ

<i>Андрощук Г.О.</i> Політика і стратегії розвитку штучного інтелекту в країнах світу: quo vadis? (частина 2)	40
--	----

ПРОБЛЕМИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

<i>Півоваров О.А., Павленко А.А.</i> Інноваційне застосування алюмосилікатних микрофер (ценофер) як ефективного наповнювача в композиційні матеріали	48
<i>Тертишна О.В., Замікула К.О., Тертишний О.О.</i> Вплив рослинних присадок на флокуляцію асфальтенів у нафтових дисперсних системах.	56

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Яцишин А.В., Мозолеви́ч Г.Я., Яцишин Т.М., Сухіх А.С.</i> Роль е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності: виклики та перспективи.	64
---	----

ПЕРСПЕКТИВНІ СТАРТАПИ ТА ІННОВАЦІЇ

<i>Маренков О.М., Курченко В.О., Нестеренко О.С.</i> Розробка лікувально-профілактичного корму для виноградного равлика <i>Helix aspersa Müller</i>	78
Стартапи.	81

ТРАНСФЕР: НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Нетрадиційні джерела енергії, медицина, інформаційні ресурси і технології, плазма, металургія, металофізика, нові комп'ютерні технології, програмне забезпечення, біотехнології.	83
--	----

INNOVATIVE ECONOMY

<i>Huseynova A., Mazanova O.</i> Short-term forecasting of gross domestic product	3
<i>Glamazdin V.P., Melnyk O.V., Tonkogosyuk V.M.</i> Analysis of the work of the fuel and energy complex of Ukraine in the conditions of military aggression and determination of prospective development directions.	11

THE DEVELOPMENT OF A NATIONAL INNOVATION SYSTEM

<i>Hornostai N.I., Mykhalchenko O.Y.</i> Status and peculiarities of cross-border cooperation development in Ukraine.	20
---	----

SYSTEM ANALYSIS AND DECISION MAKING

<i>Reva O.M., Kamyshyn V.V., Kyrychenko K.V., Yarotskyi S.V., Saganovska L.A.</i> Formation of a spectrum of system-information criteria for the consistency of expert opinions	26
---	----

INTELLECTUAL PROPERTY

<i>Androshchuk H.O.</i> Policies and strategies for the development of artificial intelligence in the countries of the world: quo vadis? (part 2)	40
--	----

PROBLEMS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL ACTIVITIES

<i>Pivovarov O.A., Pavlenko A.A.</i> Innovative application of aluminum silicate microsphere (cenosphere) as an effective filler in composite materials	48
<i>Tertyshna O.V., Zamikula K.O., Tertyshnyi O.O.</i> The influence of vegetable additives on the flocculation of asphaltene in oil dispersed systems.	56

INFORMATIONAL TECHNOLOGIES

<i>Iatsyshyn A.V., Mozolevych G.Ya., Yatsyshyn T.M., Sukhikh A.S.</i> The role of e-infrastructure in supporting scientific activities: challenges and perspectives	64
--	----

PROMISING STARTUPS AND INNOVATIONS

<i>Marenkov O.M., Kurchenko V.O., Nesterenko O.S.</i> Development of therapeutic and preventive feed for the grape snail <i>Helix aspersa</i> <i>Müller</i>	78
Startups	81

TRANSFER: NEW TECHNOLOGIES

Non-conventional energy sources, Medicine, Information resources and technologies, Plasma, Metallurgy, Metallophysics, New computer technologies, Software, Biotechnology	83
---	----

Arzu HUSEYNOVA, D. Sc. in Economics, Professor

OPHELYA MAZANOVA, Head Programmer

SHORT-TERM FORECASTING OF GROSS DOMESTIC PRODUCT

Abstract. *In the article, a set of appropriate model tools was developed and presented, which allows to assess the relationship between the economic confidence index and GDP, calculated on the main types of economic activity, and to make a short-term forecast on GDP. The research examines the main hypothesis about the cyclical sensitivity of the composite indices, especially the economic confidence index in relation to the dynamics of the physical volume of GDP. The authors calculate a composite index of aggregate economic confidence and, based on a consistent analysis of the relationship between the index of the physical volume of GDP and the index of economic confidence, have determined aggregate empirical regularities and characteristics of its cyclical development. The nature of the Economic Confidence Index calculated in the work was determined, and its forecasting capabilities for monthly and annual real growth rates of GDP were studied using autoregression and seasonal filters. The authors used the DEMETRA+ statistical package.*

Keywords: *Economic Confidence Index, Gross Domestic Product (GDP), economic shocks, economic indicators, Business Activity Index of Real Sector, Monitoring.*

INTRODUCTION

Despite the increase in the number of tools stimulating the economic activity of market participants, the problem of confidence has not only lost its actuality but has also begun to have an increasing impact on economic development.

Researches are conducted to evaluate economic activity in the world. The whole activity of most research institutes is to study changes in the economy through various indices.

Azerbaijan's economy has not yet been studied in terms of confidence, and index estimates are still in their infancy.

One of the main tasks of the analysis and forecasting of economic activity is the development of systems for the early detection of changes in the phases of economic periods based on specially developed economic indicators. Leading economic indicators are used to obtain early information about phase changes and to estimate the moments of phase change called crucial points within these systems.

Assumed that the turning points of the forecast indicators are ahead of the turning points of some key economic indicators (for example, real GDP) that characterize the economic situation as a whole.

Currently, there exist two main methodological centers for the development of such indicators [1–3]:

- US National Bureau of Economic Research (NBER);

- Statistical Department of The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

EU countries and a number of other countries (more than 30 countries) are currently using an adapted methodology to build leading indicators based on a survey prepared by the OECD Statistics Department and the European Commission (now OECD-EU methodology).

The Economic Confidence Index (ECI) is one of the most important indicators of macroeconomics. This indicator is similar to the business activity index. The difference is that economic confidence is most often associated with business expectations in the near future. ECI has powerful forecasting properties. Allows the Economic Confidence Index (ECI) to be called a reliable and important tool for analysis and forecasting.

In the presented research, we evaluate the turning points of the business period of the country's economy and identify the leading nature of the proposed economic confidence index. Forecasting possibilities of the economic confidence index are determined in the autoregression and error correction models for the monthly and annual growth rates of the country's real GDP.

METHODOLOGY

The methodology of the article was tested on the example of data provided by the State Statistical Committee of the Azerbaijan Republic and the Central Bank of the Azerbaijan Republic (CBAR).

The data analysis is based on tracking monthly GDP growth rates for the period from January 2015 to March 2021 and statistical data on economic activity in the real sector presented on surveys and published monthly by the CBAR.

All our surveys reflecting the entrepreneurs' sentiments in the context of business confidence are based on the results of surveys conducted by the State Statistics Committee of Azerbaijan in thirty-five regions of Azerbaijan in six basic sectors of the economy over the period 2015–2021.

The stratified sampling set of all quarterly surveys covers about 13 thousand units of observation: 700 manufacturing and 150 extractive industries, 1500 construction organizations, 2000 retail and 2000 wholesale firms, 2000 organizations in the service sector, and 4000 individual entrepreneurs. Business and consumer surveys contain qualitative assessments and expectations of respondents and actual and expected changes in the activities of organizations. The responses are aggregated as percentage balances of scores. Balances are built on the basis of the difference between the shares of positive and negative answers, that is, they determine the ratio between the increase and decrease in the indicator compared to the previous period or levels above and below normal for each indicator in the surveyed period. Time series of balances are used to build various composite indicators, harmonized to the extent possible with the OECD recommendations for comparative analysis [10; 11].

The Economic Sentiment Index (ESI) is calculated as a composite index of confidence in the industry, construction, retail trade, and services, as well as the Consumer Confidence Index. The methodology of the article as a whole is based on generally accepted international methodological provisions presented in the basic User Guide for the EU Harmonized Business and Consumer Surveys Program jointly developed by the OECD and the European Commission [1; 2; 11; 12]. According to these guidelines, the possibility of quantifying the opinions of respondents, their aggregation in accordance with various qualitative characteristics, comparability over time, replenishment of missing data, out-of-sample predictive assessment, creating user-friendly graphical and tabular visualization formats, distribution on online platforms, etc. constitute the necessary criteria for measuring short-term trends of a cyclic nature in the country.

Preliminary data on the calculation of the ESI imply the preparation and distribution of questionnaires by types of business activity and the construction of time series; calculation of the composite index of economic confidence by types of business activity; detection of long-term correla-

tion of real GDP and Economic Sentiment Index and their comparative analysis.

It is known that monthly and quarterly indicators are highly dependent on seasonal fluctuations. Finding a trend that cleans the time series of seasonal fluctuations and eliminates seasonal and calendar deviations from the time series of the seasonally adjusted indicator has long been a serious problem in short-term macroeconomic forecasting. The current practice of clearing time series from seasonal fluctuations allows for overcoming the above-mentioned problems. The current practice involves the use of methods such as X-12-ARIMA and TRAMO-SEATS. These methods have been successfully applied in European countries on the basis of special DEMETRA + software developed by Eurostat. The software allows for the implementation of both methods X-12-ARIMA and TRAMO-SEATS and takes into account the effects of the calendar on the basis of regression (work, holidays, short and long years) automatic selection of parameters, model selection, and assessment of model adequacy. The empirical calculations carried out are based on the OECD recommendations [11]. According to studies, when decomposing the dynamics of the ESI and GDP growth, a double pass of the Hodrick-Prescott filter is used in case of accumulation in certain time intervals of such scales of pessimism or optimism that violate the stationarity inherent in the analyzed time series. To estimate the forecast values of GDP, a two-dimensional Vector Autoregression Model (VAR) was used, on the basis of which the effectiveness, strength, and direction of the non-linear impact of the ESI on GDP growth are confirmed.

As a result, the seasonal component (seasonal fluctuations, including unstable calendar effects during the year, such as a number of working days, holidays with variable dates, a sign of the leap year), trend-cyclic component (long-term changes, longer than seasonal), irregular component (noise and random deviations due to their nature) are decomposed in an additive or multiplicative form, the time sequence is visualized and can be transferred to other programs for use.

In the presented work, we focus on the results of foreign studies and national indicators of business activity, which are carried out by state financial regulators quite systematically and on a large scale.

In light of all the above, we may state with confidence that it is advisable to conduct a study of the ESI index, which separates the zones of optimistic and depressive economic sentiment, and its relationship with GDP growth. In fact, this is a comprehensive study of the economic sentiments of business entities for the period 2015–2021, when

business representatives themselves evaluate the economic situation, the position of their enterprises, changes in production volumes, demand, and subsequent sales of manufactured products. This research combines pre-calculated confident indicators' values based on the developed toolkit into a composite indicator. An analysis of the impact of such an indicator on the physical volume of GDP demonstrates the relationship between the dynamics of aggregated indicators in the basic sectors of the economy and economic growth in the country in real-time.

The composite ESI Index itself is a timely and reliable tool for tracking GDP, and can also improve the accuracy of preliminary statistical estimates of real GDP in countries. This article reveals the important advantages of sentiment indicators in terms of early warning of changes in the intensity of economic growth, such as real-time availability and the absence of subsequent revisions. Macroeconomic variables, in contrast, are usually released with a delay and are often subject to significant revisions after initial release [12].

CONFIDENCE INDEX AND CALCULATION METHODS OF COMPOSITE ECONOMIC CONFIDENCE INDEX

Direct or indirect calculation methods can be used to calculate the ECI.

The indirect method in the calculation of ECI. Via the indirect method, the confidence indices are calculated for seasonally adjusted time group series of response balances in the form of geometric averages for each economic activity. In this case, the calculation of the ECI index assumes the following [11]:

- Calculation of a composite index for all seasonal adjustments and standardized time series of balanced weighted average response balances

equal to the specific weights of economic activities in GDP for surveys related to relevant economic activity;

- Standardization and measurement of the resulting composite index so that the long-term average is 100 and the standard deviation is 10.

In the used measurement versions, the values of ECI vary mainly in the range from 90 to 110.

We assume that the significance of the ECI at the level of 100 units is consistent with the long-term trend. Exceeding this level, ie a positive deviation from the long-term trend is interpreted as economic growth, and a value below 100 indicates a negative deviation from the trend and a deterioration of the economic situation. An **indirect method** was used to calculate the composite ECI for Azerbaijan [9].

Before assessment of the Economic Confidence Index, first, we should observe the dynamics of GDP from 2015 to the current period, as well as the dynamics of the industry, construction, retail, service confidence indices provided by the Central Bank of the Republic of Azerbaijan (**Figure 1**).

As seen from **Figure 1**, the dynamics of GDP (*Gross Domestic Product*) by months are positive, excluding local increases and decreases. However, in the period when the Covid-19 pandemic began to spread in the Azerbaijan, business activity decreased due to the restrictive measures applied by the Operational Headquarters under the Cabinet of Ministers in the country, which manifested itself in monthly reductions in GDP.

However, the need to ease social restrictions is already accelerating the recovery process in the economy.

Figure 2 shows the confidence indices prepared on the basis of the Central Bank's survey on business activity in the real sector of the economy.

Figure 3 shows the diagram of the initial ECI time series and the seasonal adjusted ECI time

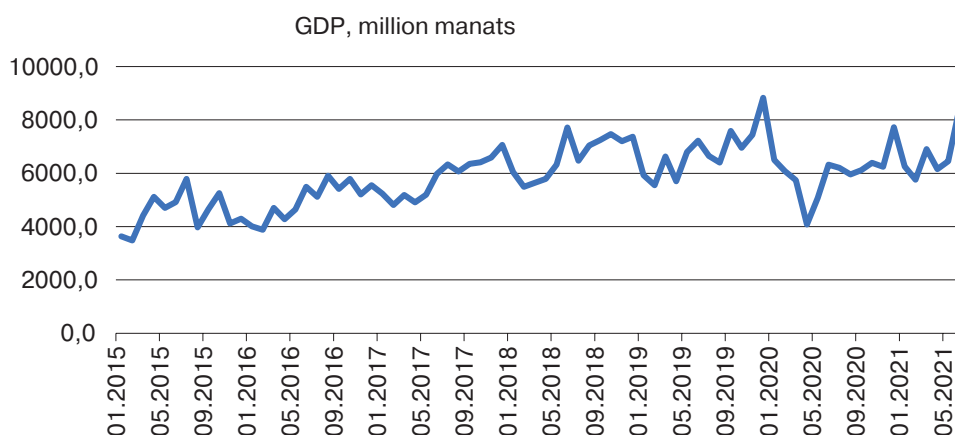


Figure 1. Dynamics of gross domestic product

Source: the State Statistics Committee (SSC).

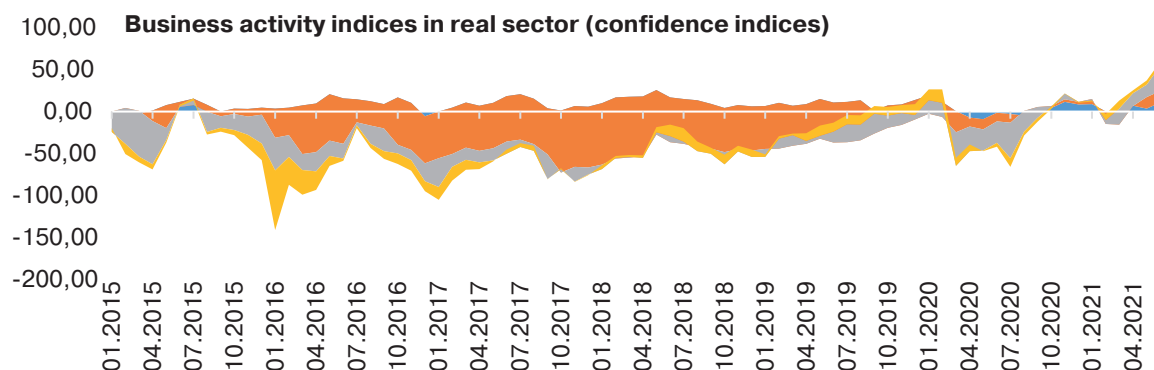


Figure 2. Business activity indices in real sector

Source: Central Bank of the Republic of Azerbaijan.

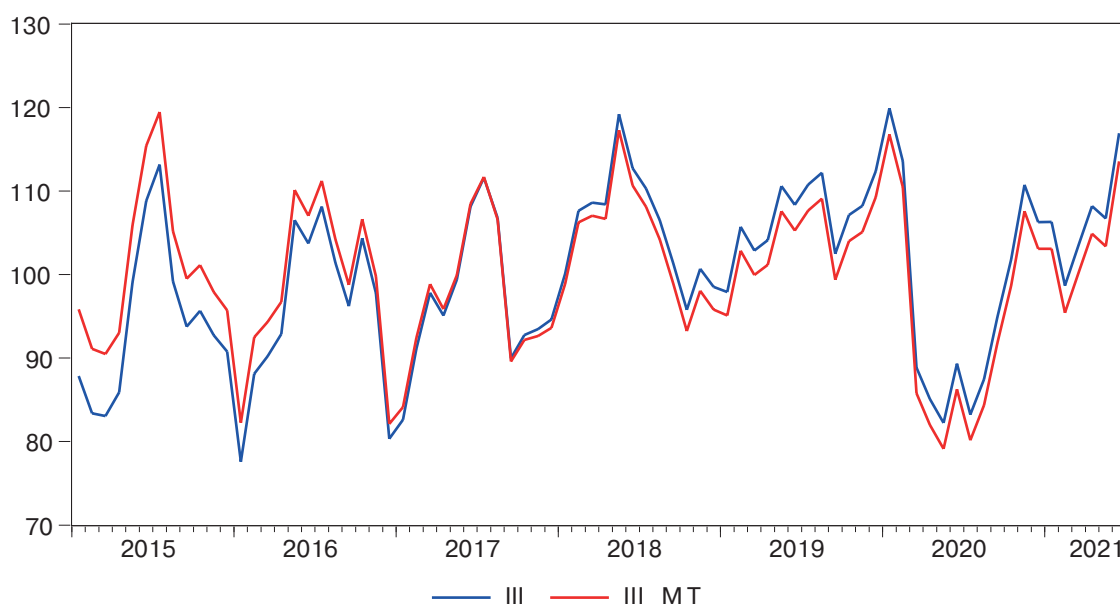


Figure 3. ECI time series and the seasonal adjusted ECI time series

series for the period from January 2015 to June 2021 for comparison.

The seasonal adjustment was performed using the Hodrick-Prescott (HP) statistical filter.

METHODS FOR OBTAINING THE CYCLIC COMPONENT OF ECI

When using the indirect method to construct the ECI, the use of two methods for the subsequent statistical processing of the time series of the ECI is recommended to obtain its cyclic component:

1) Double use of the Hodrick-Prescott filter with parameter values $\lambda = 42131.155$ for the first stage and $\lambda = 13.93$ for the second stage, analogous to the key economic indicator;

2) Single application of Hodrick-Prescott filter with parameter value $\lambda = 13.93$.

The first method assumes the ECI has a long-term trend over time. The second method is based

on the assumption that the ECI series (in economic terms) is stationary.

Therefore, the problem of choosing the processing method can be selected depending on the type of probable model.

If the time sequence of the ECI is determined, there is no need to eliminate the trend, and it is sufficient to eliminate the high-frequency "noise component" using the Hodrick-Prescott filter with the λ parameter value, $\lambda = 13.93$.

This key economic indicator allows a smoother and more convenient cycle component to identify important components that can be used in the analysis cooperatively with a sound business cycle. Otherwise, the use of a two-stage isolation procedure is recommended.

Also, known that structural changes and short time series make it difficult to determine the type of time series model using statistical tests known

as “single root” tests. In such a situation, the test results should be analyzed economically to substantiate and interpret the moments of structural change.

The non-stationary timing of the ECI may be due to structural changes due to shocks in the economy, as well as the inability of respondents to distinguish between market fluctuations and structural changes.

Therefore, the structural fluctuations in the economy through the responses of the respondents are reflected in the time series of the ECI [12].

In other words, at certain stages, the ECI may contain a trend component and may not be stationary.

Figure 4 shows the comparative results of the time series of the normalized ECI with the above values of the filter parameter. ECI-1 is a cyclic component of the ECI after two staged applications of the Hodrick-Prescott (HP) filter, and ECI-2 is an ECI regulated by a single application of the Hodrick-Prescott filter.

Figure 4 shows that the dynamic characteristics of the time series ECI-1 and ECI-2 are different.

The application of a two-staged HP filter has significantly smoothed the ECI-1 index, bringing it to an almost stable straight line after 2018.

Figure 5 shows the two-staged application of the Hodrick-Prescott filter for GDP and ECI-1, and the single ($\lambda = 13.93$) application for ECI-2.

This year the physical volume index of GDP has increased compared to February-March. The increase of confidence indices in these sectors during this period led to an increase in the Economic Confidence Index by 3,5 %. In general, the significant easing of the special quarantine regime connected with the pandemic, the growing popularity of the vaccination process in the country has led to the revival of economic life.

Although the volume of industrial productions increased by 12,2 % in nominal terms in March compared to February of the current year, in

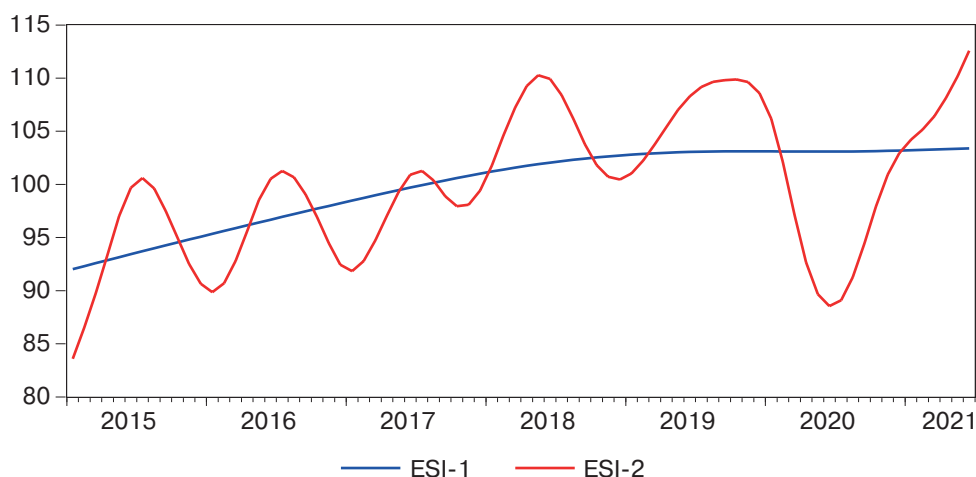


Figure 4. The effect of a trend reversal on the dynamics of the ECI

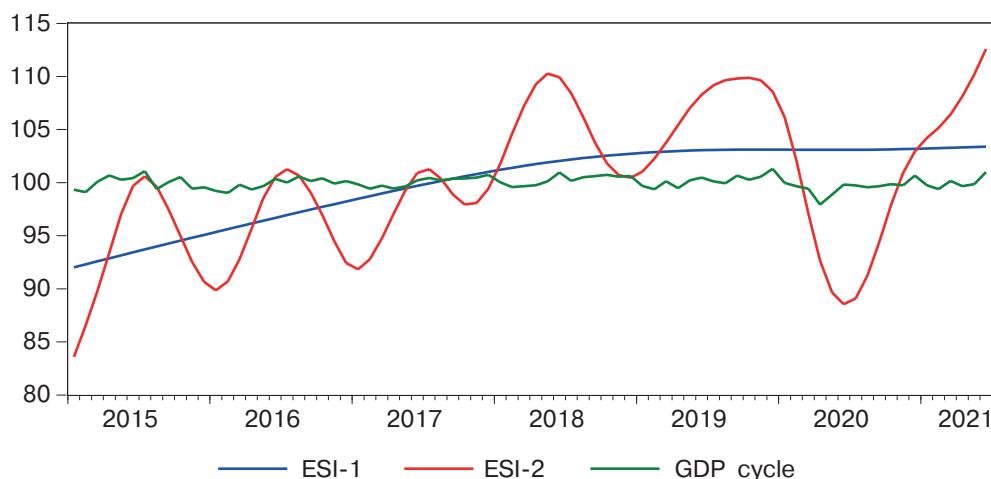


Figure 5. Time series obtained by the two-staged method for GDP and ECI cycles

January-March it decreased by 4,6 % in real terms compared to the same period of the previous year.

In the first quarter of 2021, the volume of work and services in the construction sector increased by 4,8 % compared to the same period in 2020. In the same period, retail trade turnover decreased by 1,1 %.

Due to the short duration of surveys conducted by the Institute for Scientific Research on Economic Reforms (surveys started in the first quarter of 2020) and the small number of respondents, the Economic Confidence Index was calculated based on the European Union methodology based on monthly confidence indices calculated by the Central Bank of Azerbaijan since 2015.

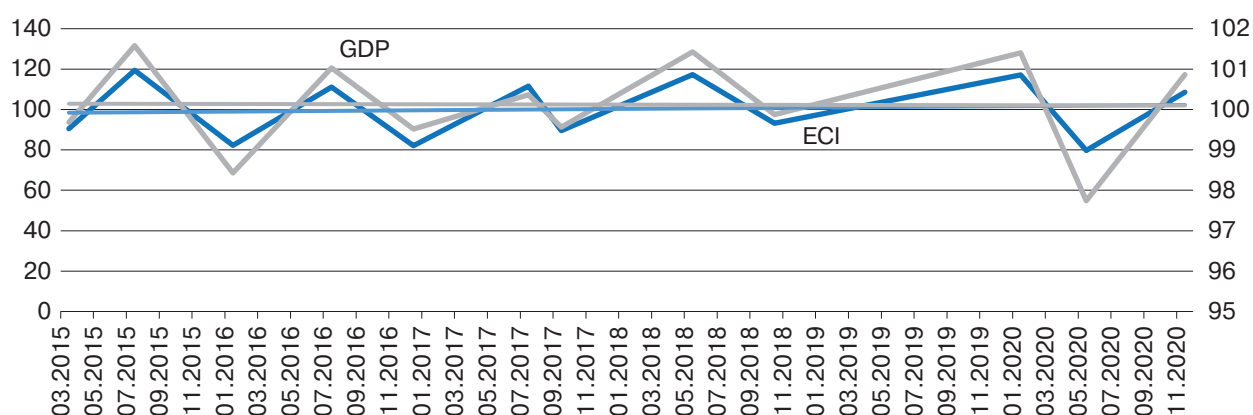


Figure 6. ECI and GDP turning points

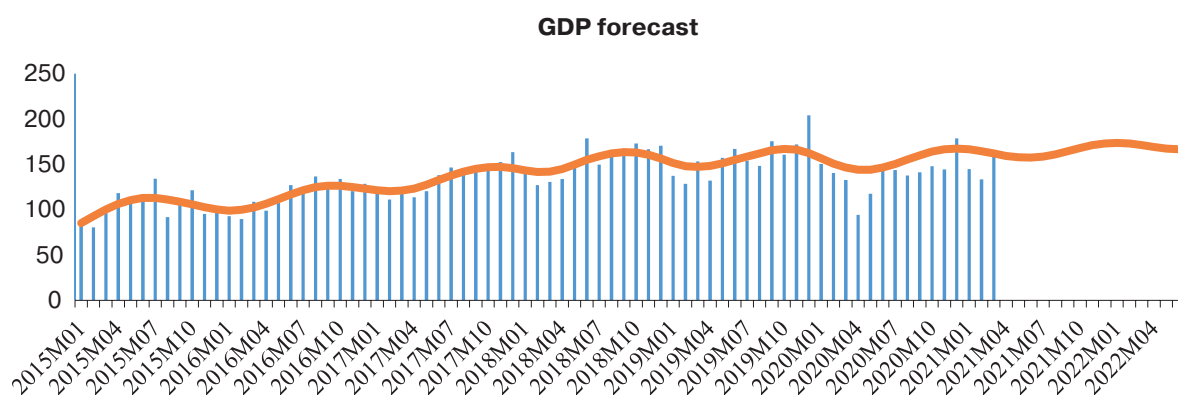


Figure 7. Gross Domestic Product forecast

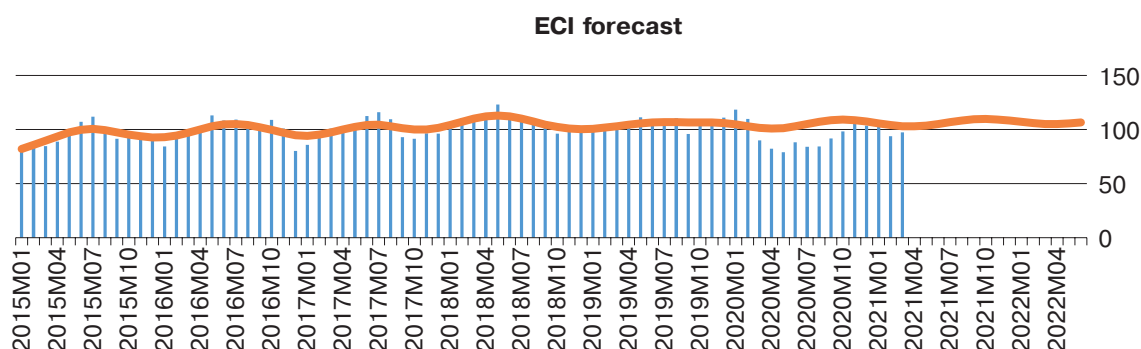


Figure 8. Economic Confidence Index Forecast

VAR Model:

$$\text{GDP}_t = 0,37 \times \text{ECI}_{t-1} - 0,91 \times \text{ECI}_{t-2} + 0,91 \times \text{ECI}_{t-3} - 0,37 \times \text{ECI}_{t-4} + 2,79 \times \text{GDP}_{t-1} - 2,95 \times \text{GDP}_{t-2} + 1,30 \times \text{GDP}_{t-3} - 0,14 \times \text{GDP}_{t-4} + 0,87$$

$$\text{ECI}_t = 3,07 \times \text{ECI}_{t-1} - 3,76 \times \text{ECI}_{t-2} + 2,13 \times \text{ECI}_{t-3} - 0,46 \times \text{ECI}_{t-4} + 0,15 \times \text{GDP}_{t-1} - 0,38 \times \text{GDP}_{t-2} + 0,356 \times \text{GDP}_{t-3} - 0,12 \times \text{GDP}_{t-4} + 1,50$$

Periods were determined by conducting seasonal leveling on GDP and Economic Confidence Index. ECI peak points ahead of GDP growth about 2–4 months, bottom points 1–4 months ahead.

Periods are determined by applying seasonal smoothing to the Industrial Production Index and the Industrial Confidence Index.

The diagram shows an improvement in the decentralization rate. From a sectoral perspective, confidence in construction and industry increased in January 2021. Overall, economic confidence was above average in all sectors during this period. In February, confidence levels were low in all sectors except the service sector. In March, confidence remained below average in the industry, although confidence increased in construction, services, and retail trade [11; 12].

ECONOMIC CONFIDENCE INDEX AND GDP FORECASTING

The following diagrams show the ECI and GDP forecasts for June 2022 based on the vector autoregression (VAR) model [11].

CONCLUSION

1. A choice of an algorithm for calculating the composite ESI index, processing time series of the annual GDP growth rate and ESI, and confirmation the leading nature of the economic sentiment indicator was undertaken, and the interpretation of the detected dependencies was carried out. As a primary statistical base for the study, the database “Business Activity Indices in the Real Sector” was formed on the basis of surveys conducted using the Economic Survey for the observation period of the CBAR. According to the presented forecast for the last quarter of 2022, the Economic Sentiment Index is confidently holding its average level of 100, which defines the border between the zones of a favorable and unfavorable business climate. In quarter IV of 2021, the growth driver of the ESI was the positive dynamics of its “production” components, which characterize the mood of managers in the mining and manufacturing industries, as well as in the construction industry. The short-term expectations of entrepreneurs improved especially noticeably. Quantitative quarterly variables of the real and financial sectors are used in this paper to build the turning points of the business cycle. The results of the monitoring are combined into an economic sentiment index, the calculation algorithm of which is based on generally accepted international methodology and updated taking into account the peculiarities of the Azerbaijani economy.

2. The presented data were processed by the statistical software package DEMETRA+, business cycle turning points are examined using a Hodrick-

Presscott filter and a vector autoregression model is proposed to predict real GDP growth rates. In order to visualize cyclic possibilities, its tracer is built. According to the EU methodology, the Hodrick-Presscott filter is used to smooth out fluctuations in the original time series that are insignificant from the point of view of visualizing growth cycles. In the course of the conducted studies, the outrunning nature of the ESI in relation to real GDP was established, i.e., it is shown that the moments of the cycle phase change (turning points) of the ESI precede the moments of the real GDP cycle phase change by an average of 4 months. According to the results of joint graphical visualization and cross-correlation analysis of the smoothed cyclical dynamics of the economic sentiment index and GDP growth, a stable synchronous relationship of short-term growth cycles in the time series of two such indicators is confirmed.

3. The preventive nature of the ESI was determined and a model of business cycles’ turning points based on the presented modeling tools was built. It was found that the turning points of the ESI and real GDP cycles correspond to each other. It can be concluded that the economic confidence index is used to prepare short-term forecasts of economic growth rates. The dependence of real GDP growth rates on the ESI is evaluated econometrically and analysis models of turning points of business cycles are built, forecasts are made based on the VAR (vector autoregression) model; the preventive nature of the calculated ESI is determined and the turning points of the business cycles of the Azerbaijani economy are assessed. Thus, a comparison of the time series of the ESI and GDP, as well as the construction of cyclic turning points, confirm the initial hypothesis of our study about the existence of almost simultaneous cyclic consistency in the analyzed series.

REFERENCES

1. Handbook on Economic Tendency Surveys (2015). New York, NY: United Nations.
2. Guidelines on Producing Leading, Composite and Sentiment Indicators (2019). Geneva: United Nations. <https://doi.org/10.18356/3b565260-en>
3. OECD System of Composite Leading Indicators (2012). Retrieved from: <http://www.oecd.org/std/leading-indicators/41629509.pdf>.
4. Kruk, D. E., & Korshun, A. (2010). Ekonomicheskii tsikl i operezhayushchie indikatory: metodologicheskie podkhody i vozmozhnosti ispolzovaniya v Belarusi [Economic cycle and leading indicators: methodological approaches and opportunities for use in Belarus]. Issledovatel'skiy center IPM. 35 p. [in Russ.].
5. Claveria, O., Pons, E., & Ramos, R. (2015). Business and Consumer Expectations and Macroeconomic Forecasts. *International Journal of Forecasting*. 23 (10), P. 47–69. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.04.004>.

6. Gayer, C. (2008). Report: The Economic Climate Tracer. A Tool to Visualize the Cyclical Stance of the Economy Using Survey Data. Retrieved from: <https://www.oecd.org/sdd/leadingindicators/39578745.pdf>.
7. Biau, O., & D'Elia, A. (2011). Is There a Decoupling Between Soft and Hard Data? The Relationship Between GDP Growth and the ESI. *Fifth Joint EU-OECD Workshop on International Developments in Business and Consumer Tendency Surveys*. Brussels. Retrieved from: <https://www.oecd.org/sdd/leading-indicators/49016412.pdf>.
8. The Joint Harmonized EU Program of Business and Consumer Surveys (2020). European Commission. Retrieved from: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/bcs_user_guide_2020_02_en.pdf.
9. Huseynova, A., Alakbarov, E., & Salifova, T. (2020). Reference on the analysis of the results of real sector monitoring during the pandemic. *Characteristics and problems of implementation of economic reforms in Azerbaijan: collection of scientific works. Special issue (Covid-19)*. Baku, P. 62–77.
10. Husynova, A., & Alakbarov, E. (2020). Reference on the analysis of the results of real sector monitoring. *Characteristics and problems of implementation of economic reforms in Azerbaijan: collection of scientific works. Special issue (Covid-19)*. Baku, P. 86–109.
11. Huseynova, A., Mazanova, O., Mammadova, S., Majidova S. T., Aslanova, A., & Rustamova, S. (2022). Analysis of the relationship between the economic confidence index and gross domestic product growth in Azerbaijan. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 19. P. 867–875. <https://doi.org/10.37394/23207.2022.19.75>.
12. Huseynova, A., Aliyeva, T., & Rzayeva, U. (2022). Investigation of the relationship between the dynamics of GDP and economic sentiment index. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5 (13(119)), P. 60–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265656>.
4. Крук Д. Э. Экономический цикл и опережающие индикаторы: методологические подходы и возможности использования в Беларуси / Д. Э. Крук, А. Коршун // Исследовательский центр ИПМ. — 2010. — 35 с.
5. Claveria O. Business and Consumer Expectations and Macroeconomic Forecasts / O. Claveria, E. Pons, R. Ramos // *International Journal of Forecasting*. — 2015. — Vol. 23. — No. 1. — P. 47–69. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.04.004>.
6. Gayer C. A Tool to Visualise the Cyclical Stance of the Economy Using Survey Data [Electronic resource] / The Economic Climate Tracer : Report. — 2008. — Access mode: <https://www.oecd.org/sdd/leadingindicators/39578745.pdf>.
7. Biau O. Is There a Decoupling Between Soft and Hard Data? The Relationship Between GDP Growth and the ESI [Electronic resource] / O. Biau, A. D'Elia // *Fifth Joint EU-OECD Workshop on International Developments in Business and Consumer Tendency Surveys*. — Brussels, 2011. — Access mode: <https://www.oecd.org/sdd/leading-indicators/49016412.pdf>.
8. The Joint Harmonised EU Programme of Business and Consumer Surveys [Electronic resource] / European Commission. — 2020. — Access mode: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/bcs_user_guide_2020_02_en.pdf.
9. Hüseynova A. Pandemiya dövründə real sektorun monitorinqinin nəticələrinin təhlilinə dair arayış / A. Hüseynova, E. Ələkbərov, T. Salıfova // *Azərbaycanda iqtisadi islahatların həyata keçirilməsi xüsusiyyətləri və problemləri: elmi əsərlər toplusu, 2020, xüsusi buraxılış (Covid-19)*. — Bakı, 2020. — Səh. 62–77.
10. Hüsəynova A. Real sektorun monitorinqinin nəticələrinin təhlilinə dair arayış / A. Hüsəynova, E. Ələkbərov // *Azərbaycanda iqtisadi islahatların həyata keçirilməsi xüsusiyyətləri və problemləri: elmi əsərlər toplusu, 2020, xüsusi buraxılış (Covid-19)*. — Bakı, 2020. — Səh. 86–109.
11. Huseynova A. Analysis of the relationship between the economic confidence index and gross domestic product growth in Azerbaijan / A. Huseynova, O. Mazanova, S. Mammadova, S. Majidova, A. Aslanova, S. Rustamova // *WSEAS Transactions on Business and Economics*. — 2022. — No. 19. — P. 867–875. <https://doi.org/10.37394/23207.2022.19.75>.
12. Huseynova A. Investigation of the relationship between the dynamics of GDP and economic sentiment index / A. Huseynova, T. Aliyeva, U. Rzayeva // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. — 2022. — Vol. 5. — No. 13 (119). — P. 60–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265656>.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Handbook on Economic Tendency Surveys / United Nations. — NY : United Nations, 2015.
 2. Guidelines on Producing Leading, Composite and Sentiment Indicators / United Nations. — Geneva : United Nations, 2019. <https://doi.org/10.18356/3b565260-en>.
 3. OECD System of Composite Leading Indicators [Electronic resource]. — 2012. — Access mode: <http://www.oecd.org/std/leading-indicators/41629509.pdf>.
- ГУСЕЙНОВА Арзу Доғру кизи**, д-р екон. наук, проф.
МАЗАНОВА Офелія Ідрис кизи, гол. програміст
- КОРОТКОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛОВОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОДУКТУ**
- Резюме.** У статті розроблено та представлено набір відповідних модельних інструментів, які дають змогу оцінити зв'язок між індексом економічної впевненості та ВВП, розрахованим за основними видами економічної діяльності, а також зробити короткостроковий прогноз щодо ВВП. У дослідженні розглянуто основну гіпотезу про циклічну чутливість композитних індексів, особливо щодо індексу економічної впевненості та динаміки фізичного обсягу ВВП. Авторами розраховано зведений індекс сукупної економічної впевненості. Окрім того, на засадах результатів послідовного аналізу зв'язку між індексом фізичного обсягу ВВП та індексом економічної впевненості було визначено сукупні емпіричні закономірності та характеристики його циклічного розвитку. Визначено характер розрахованого в роботі індексу економічної впевненості та досліджено його можливості прогнозування місячних і річних темпів реального зростання ВВП за допомогою авторегресії та сезонних фільтрів. Автори використовували статистичний пакет DEMETRA+.

Ключові слова: індекс економічної впевненості, валовий внутрішній продукт (ВВП), економічні потрясіння, економічні показники, індекс ділової активності реального сектору, моніторинг.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Huseynova Arzu Dogru qizi — D. Sc. of Economics, Professor, Department of Digital Economics, Institute for Scientific Research on Economic Reforms, Azerbaijan, Baku, H. Zardabi Str., 88, AZ1011; +994 (012) 492-59-04; arzu.huseynova@economy.gov.az; ORCID: 0000-0002-0981-9923

Mazanov Ophelya Idris qizi — Head Programmer LMS, Azerbaijan State University of Economics (UNEC) Azerbaijan, Baku, Istiqlaliyyat Str., 6, AZ1001; +994 (012) 492-59-04; ofelya.mazanov@unec.edu.az; ORCID: 0000-0001-7344-3492

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Гусейнова Арзу Догру кизи — д-р екон. наук, проф., заступник директора з економічних реформ, кафедра цифрової економіки, Інститут наукових досліджень економічних реформ, Азербайджан, Баку, вул. Г. Зардабі, 88, AZ1011; +994 (012) 492-59-04; arzu.huseynova@economy.gov.az; ORCID: 0000-0002-0981-9923

Мазанова Офелія Ідрис кизи — гол. програміст LMS, Азербайджанський державний економічний університет (UNEC), Азербайджан, Баку, вул. Істіклаліят, 6, AZ1001; +994 (012) 492-59-04; ofelya.mazanov@unec.edu.az; ORCID: 0000-0001-7344-3492



<http://doi.org/10.35668/2520-6524-2023-2-02>

УДК 338

В. П. ГЛАМАЗДІН, експерт з інтеграції з ENTSO-E НЕК «Укренерго»

О. В. МЕЛЬНИК, канд. екон. наук, с. н. с.

В. М. ТОНКОГОЛОСЮК, заступник гендиректора

АНАЛІЗ РОБОТИ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ

Резюме. У дослідженні опрацьовано сучасний стан і напрями розвитку паливно-енергетичного комплексу України. Проаналізовано стан енергетичного комплексу, зокрема вплив широкомасштабної військової агресії на виробництво та споживання паливно-енергетичних ресурсів економікою України. Розглянуто стан електроенергетичного комплексу. Здійснено аналіз пошкоджень енергетичних об'єктів та інфраструктури за секторами: атомної енергетики, теплової енергетики, великої гідроенергетики, відновлюваних видів (сонячна та вітрова енергетика). Також проаналізовано рівень пошкоджень та їхніх наслідків енергетичної інфраструктури — високовольтних підстанцій. Опрацьовано стан нафтогазового комплексу. Підтверджено, що нафтова промисловість внаслідок широкомасштабної агресії не функціонує. Газовидобувна промисловість зменшила обсяги видобутку. Розглянуто економічні умови, у яких опинилась Україна внаслідок воєнних дій. Запропоновано напрями розвитку енергетичного сектору України на довгострокову перспективу.

Ключові слова: енергетичний сектор, паливно-енергетичні ресурси, виробництво електроенергії, споживання електроенергії, традиційні та відновлювані джерела енергії.

ВСТУП

Безперебійна робота енергетичного сектору є підґрунтям для стабільного функціонування та розвитку економіки. Енергетика забезпечує функціонування всіх без винятку галузей економіки та задовольняє потреби в енергоресурсах побутового сектору та невиробничої сфери. Також енергетичний сектор створює значну частку ВВП країни. Це визначає необхідність його постійного розвитку та підвищення технологічної та економічної ефективності діяльності.

Широкомасштабна військова агресія рашистів [1] призвела до окупації територій, виїзду значної частини населення в інші регіони чи за кордон, руйнації або значного скорочення промислового виробництва, пошкодження або втрати великої частини потужностей та інфраструктури енергетичного комплексу. Це викликало цілеспрямовано створену рашистами штучну енергетичну бідність в Україні, гуманітарну, екологічну та техногенну катастрофи.

З огляду на це, для нашої держави необхідність зміни підходів і темпів реалізації енергетичної політики є очевидною. Розвиток енергетичного комплексу має базуватись як на прогнозованих на довгострокову перспективу потребі в паливно-енергетичних ресурсах, так і на аналізі його сучасного стану, нагальних вимогах до підвищення його стійкості та надійності постачання енергоносіїв, що визначає спрямованість та актуальність дослідження.

Необхідно зазначити, що згідно з Законом України “Про захист інтересів суб’єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни” від 3 березня 2022 р. № 2115-IX [2], персоніфікована інформація щодо обсягів і структури виробництва та споживання паливно-енергетичних ресурсів у 2021–2023 рр. не оприлюднюється та має подаватися знеособлено.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Україна взяла на себе зобов’язання щодо впровадження курсу кліматичної нейтральності енергетичної сфери, зокрема впровадження заходів з енергозбереження, підвищення енергоефективності, зменшення викидів парникових газів, реалізації проєктів у секторі відновлювальної енергетики, а також поступової відмови від викопних видів палива, що особливо стосується видобутку та споживанню вугілля.

Розв’язання проблеми заміщення використання викопного палива передбачає впровадження нових технологій в енергетиці, будівництво нових сучасних маневрових потужностей, використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), необхідність структурних змін у галузях

економіки, які споживають викопні енергетичні ресурси в значних обсягах.

Повномасштабне вторгнення рашистів, окрім іншого, призвело до зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів як за рахунок скорочення потреби, так і за рахунок неможливості покриття потреб внаслідок пошкодження енергетичних об’єктів та інфраструктури, скорочення логістичних можливостей доставки палива тощо.

Усі наведені заходи потребують формування головних напрямів модернізації енергетичного сектору, визначення необхідності та обсягів експорту та імпорту паливно-енергетичних ресурсів на перспективу та шляхів забезпечення енергетичної безпеки країни.

Метою дослідження є опрацювання стану, умов функціонування та визначення основних напрямів розвитку енергетичного сектору України на довгострокову перспективу.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженням як з фундаментальних, так і проблемо-орієнтованих прикладних напрямів щодо функціонування та розвитку енергетичного комплексу та його окремих секторів приділяється значна увага. Враховуючи важливість енергетичного забезпечення національної економіки та населення, такі видатні науковці, як Е. Г. Альбрехт, В. Ф. Беседін, О. С. Ємельянов, А. С. Завербай, Д. В. Зеркалов, Г. М. Калетник, Н. В. Караєва, М. П. Ковалка, М. Н. Кулік, І. Г. Манцуров, В. І. Мельник, В. Т. Меркушов, Б. З. Піріашвілі, Р. З. Подолець, А. В. Праховник, І. К. Чукаєва, А. К. Шидловський та ін. [3] українські вчені надали значного розвитку науковим знанням цього напрямку.

Сучасні світові наукові видання також багато уваги приділяють як технічно-технологічним питанням галузі, так і її економічному розвитку, зокрема в працях Sh. Agrawal, F. Carlsson, E. Demeke, Dequn Zhou, Mauricio Fernández, Francisco D. Muñoz, R. Moreno, H. Ding, P. Zhou, Daniel Robert Thomas, S. P. Harish, Aseem Mahajan, P. Martinsson, Tewodros Tesemma та ін.

Проте для прийняття управлінських рішень необхідним є постійне оновлення інформації, здійснення аналізу сучасного стану та факторів, які впливають на енергетичний сектор, що дає змогу для коригування напрямів і відповідних заходів для забезпечення необхідного розвитку.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Електроенергетичний комплекс

З початку широкомасштабного вторгнення рашистів в Україну перед електроенергетичним

комплексом постали нечувані за складністю виклики.

Нагадаємо, що за чотири години до початку широкомасштабного вторгнення об'єднана енергетична система України (ОЕС) була від'єднана від мереж росії та білорусі. Це було здійснено в рамках тестових випробувань її стійкості з метою перевірки готовності до приєднання (яке очікувалося не раніше другої половини 2023 р.) до Європейської електричної мережі ENTSO-E.

Попри широкомасштабні бойові дії українські енергетики змогли пройти тестові випробування та пришвидшеними темпами розпочали активну роботу щодо приєднання до мережі ENTSO-E, яке відбулася вже 16 березня 2022 року.

Це дало змогу значно підвищити стійкість ОЕС, а також відкрило можливість до технологічних і комерційних перетоків електричної енергії. Влітку 2022 р. Україна розпочала експорт електричної енергії, допомагаючи європейським партнерам зменшити залежність від постачання енергоносіїв з росії.

До 10 жовтня 2022 р. зменшення споживання електроенергії українськими споживачами було зумовлено насамперед окупацією частини території, зниженням обсягів промислового виробництва, переміщенням значної кількості населення в більш безпечні регіони України чи за кордон.

Попри те, що значна кількість об'єктів енергетичної інфраструктури зазнала пошкоджень під час бойових дій або залишилася на тимчасово окупованих територіях (станом на 1 серпня 2022 р. 4 % всіх потужностей було зруйновано, 35 % знаходилися на тимчасово окупованій території (ТОТ) або в зоні ведення бойових дій), потужностей, що залишилися, вистачало для сталого функціонування енергетичної системи. Україна не лише задовольняла власні потреби, а й експортувала електроенергію до європейських країн.

Згідно з прогнозом, розробленим Укренерго за оперативними даними січня — вересня 2022 р., загальне падіння виробництва електричної енергії в 2022 р. очікувалося на рівні 27 % та було зумовлено виключно зниженням потреб.

Унаслідок розпочатих 10 жовтня цілеспрямованих масованих ракетних ударів рашистів по об'єктах саме енергетичної інфраструктури, ОЕС України опинилася в кризовому стані. Було зруйновано чи пошкоджено значну кількість як генеруючих потужностей, так і обладнання магістральних та розподільчих мереж. Це призвело до того, що навіть непошкоджені генеруючі по-

тужності вимушено зупинялися внаслідок неможливості постачання виробленої електроенергії споживачам.

Споживання електроенергії за період жовтень — грудень 2022 р. знизилася більше ніж на 40 % у порівнянні з аналогічним періодом 2021 року (табл. 1). Починаючи з жовтня 2022 р., по всій території України застосовувались обмеження споживання електроенергії (віялові відключення) для промисловості та побутових споживачів. Також через аварійні відключення без електропостачання неодноразово залишались об'єкти критичної інфраструктури. Планові та аварійні відключення, нестабільність частоти та напруги електричної енергії в мережі викликали, окрім інших наслідків, перебоїв в роботі та аварії насосного обладнання систем водопостачання та тепlopостачання.

За підсумками грудня 2022 р. через зупинку ЗАЕС, яка знаходиться на тимчасово окупованій території, частка атомної генерації знизилася з 61,9 % до 54,6 % (у порівнянні з груднем 2021 р.), частка відновлювальних джерел знизилася з 3,8 % до 2,1 %. Збільшилася частка ТЕЦ із 7,2 % до 9,6 % та частка гідрогенерації — з 3,5 % до 9,9 %. Частка теплової генерації на ТЕС збільшилася несуттєво — з 23,6 % до 23,8 %.

Загальні обсяги виробництва електричної енергії в 2022 р. зменшилися на 30,3 % у порівнянні з 2021 р. та становили 110,7 млрд кВт·год.

Поступово, завдяки відновленню потужностей і незначному імпорту електроенергії роботу ОЕС вдалося стабілізувати. Проте енергосистема продовжує працювати в напруженому режимі з мінімальним запасом надійності постачання електроенергії. Оскільки рашистські обстріли продовжуються, то ризик критичних пошкоджень енергетичної системи, яка потребує подальшого відновлення, зокрема ретельної підготовки до опалювального сезону 2023/2024, є досить високим.

Станом на березень 2023 р. в Україні всі ТЕС і ГЕС або знаходяться на ТОТ або більшою чи меншою мірою пошкоджені.

Загалом за час війни пошкоджено чи знаходяться на ТОТ понад 90 % вітрової генерації, близько 75 % теплової, майже половина атомної (за рахунок Запорізької АЕС, яка знаходиться на

Таблиця 1

**Споживання електроенергії в Україні,
млрд кВт·год**

Жовтень – грудень 2021	Жовтень – грудень 2022	Зміна
35,1	20,8	–40,7 %

ТОТ), понад 30 % сонячної генерації та блочних ТЕС.

Загальна доступна ОЕС потужність станом на початок червня знизилася більше ніж у два рази в порівнянні з довоєнним періодом.

Атомна генерація

Із чотирьох діючих на початок війни атомних електростанцій станом на початок червня 2023 р. в ОЕС України продовжують працювати три — Південноукраїнська, Рівненська та Хмельницька АЕС.

На окупованій території та в стані зупинки знаходиться Запорізька АЕС (один з енергоблоків, згідно з останньою інформацією в режимі гарячого резерву, інші блоки — холодного резерву), потужність якої становить 43 % від загальної потужності АЕС в Україні, на сьогодні від'єднана від ОЕС України.

Доступна потужність атомної генерації знизилася з 13,8 ГВт станом на початок 2022 р. до 7,7 ГВт станом на початок червня 2023 року.

Теплова генерація

Необхідно зазначити, що значна частка ТЕС та ТЕЦ навіть до початку широкомасштабного вторгнення мала фізично зношене та морально застаріле обладнання (83 % енергоблоків ТЕС і ТЕЦ відпрацювали більше 200 тис. годин).

Після ракетних атак на енергетичну інфраструктуру обсяги пошкоджень значно збільшилися, причому частка ТЕС та ТЕЦ у загальній структурі електрогенерації в середньому за період війни знизилася до рівня близько 20 %.

Станом на початок квітня 2023 р. працювало трохи більше 20 енергоблоків ТЕС, а їх доступна потужність становила близько 5 ГВт, або менше третьої частини від довоєнного часу. Близько 45 % доступної потужності ТЕС пошкоджено внаслідок військових дій і ракетних обстрілів, а близько 22 % знаходяться на ТОТ.

Близько 1,6 ГВт встановленої потужності ТЕЦ, або більш ніж половина генеруючих потужностей було пошкоджено чи зруйновано внаслідок бойових дій. Зокрема, це потужні ТЕЦ: кременчуцька, київські ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6, харківські ТЕЦ тощо.

ГЕС і ГАЕС

ГЕС і ГАЕС є ключовими піковими та напівпіковими потужностями, а ГАЕС також дозволяють суттєво згладжувати нічні "провали" споживання електричної енергії.

Станом на початок червня 2023 р. втрата доступної потужності гідрогенерації становить близько 1,6 ГВт у порівнянні зі станом на початок 2022 року.

Більшість електростанцій отримали пошкодження основного або допоміжного обладнання, що знизило обсяг доступної потужності. Загалом

з жовтня 2022 до 6 червня 2023 р. було зафіксовано близько 30 влучань в об'єкти гідроенергетики. Три гідроелектростанції та одна гідроаккумуляційна станція значно пошкоджені внаслідок російських атак, спрямованих переважно на електрообладнання та машинні зали на станціях, розташованих на річках Дніпро та Дністер.

Загалом станом на початок червня 2023 р. в енергосистемі України працювали всі великі підприємства гідро генерації, окрім Каховської ГЕС, проте, практично всі з них через пошкодження як генеруючого обладнання, так і системи розподілу, працювали лише частиною потужностей.

Каховську ГЕС, яка внаслідок окупації не здійснювала генерацію, було знищено 6 червня 2023 року. Внаслідок підриву дамби вода з Каховського водосховища затопила близько 80 населених пунктів, які знаходяться нижче за течією Дніпра, що викликало чисельні жертви, гуманітарну та екологічну катастрофи не лише вздовж русла, а й в Чорному морі.

Одним із наслідків знищення Каховської ГЕС є як зменшення генеруючих потужностей станцій дніпровського каскаду, так і значні обмеження у використанні наявних потужностей ГЕС, розташованих вище за течією внаслідок неможливості регулювання рівня води Каховського водосховища.

Генерація ВДЕ

Більшість встановлених в країні об'єктів відновлюваної енергетики, зосереджені в південних і південно-східних областях України, де вже протягом останніх 11 місяців безупинно точаться активні бойові дії.

Внаслідок збройної агресії росії найбільше постраждали об'єкти генерації з відновлювальних джерел енергії. До 94 % встановлених потужностей ВЕС та до 32 % встановлених потужностей СЕС, або мають пошкодження різного ступеню, або знаходяться на тимчасово окупованих територіях та їх стан можливо буде визначити лише після деокупації.

За даними Української вітроенергетичної асоціації, з початку широкомасштабної війни в Україні зупинено понад 3/4 вітроенергетичних потужностей, тобто не працює близько 1,5 ГВт українських ВЕС, а 5 вітрових турбін у Херсонській області, що встановлені на Мирненській, Сиваській та Новотроїцькій вітроелектростанціях, сьогодні є підтверджено знищеними.

Через пошкодження лінії електропередачі 330 кВ в Мелітополі не працюють також майже 600 МВт вітроенергетичних потужностей у Запорізькій області.

Останніми роками в Україні спостерігався значний розвиток відновлюваної енергетики.

Встановлена потужність об'єктів ВДЕ, що вводилися в експлуатацію до 2022 р., щорічно збільшувалася. У 2022 р. введено в експлуатацію усього 256 МВт ВДЕ, що практично в 11 разів менше за обсяги введення в 2021 році.

Більшість введених потужностей становили СЕС — 208,5 МВт. Також було введено 41,1 МВт потужностей ВЕС та 6,4 МВт потужностей на біопаливі. Малі ГЕС в 2022 р. в експлуатацію не вводилися.

Доступна потужність генерації з відновлювальних джерел станом на початок червня 2023 р. зменшилася до 6,3 ГВт.

Загалом генерація електричної енергії ВДЕ, за підсумками 2022 р., та першого кварталу 2023 р. скоротилася більше ніж вдвічі відносно її довоєнного рівня.

По-перше, це відбулося внаслідок прямих бойових дій, або для запобігання пошкодженню обладнання.

По-друге, як зазначено в [4], однією з головних загроз нормальному функціонуванню електроенергетики є мала частка маневрових, пікових і напівпікових потужностей. На сьогодні маневрові можливості ОЕС значно зменшилися, і, відповідно відбулося загострення проблем, пов'язаних з нестабільністю генерації ВДЕ, особливо сонячної, враховуючи, що її встановлена потужність перевищує 6 ГВт.

Пошкодження мереж ОЕС України

Станом на початок червня 2023 р. 11 високовольтних підстанцій, які розташовані на окупованих територіях або в прифронтових зонах, зазнали значних пошкоджень та не працюють в енергосистемі.

З жовтня 2022 до червня 2023 р. практично по всіх високовольтних підстанціях були запущені ракети або дрони, щонайменше, по 2–4 рази.

На контрольованій Україною території знаходиться 94 високовольтних підстанції. З жовтня 2022 р. до червня 2023 р. майже половина об'єктів магістральних мереж, які знаходяться на контрольованій території, зазнали пошкоджень від масованих атак рашистських ракет і безпілотників. Близько 25 % об'єктів зазнали пошкоджень два і більше разів. Близько 40 підстанцій були вражені двома або більше ракетами.

Упродовж жовтня 2022 р. — червня 2023 р. енергетичну систему України вдалося частково відновити. Починаючи з середини лютого 2023 р. дефіцит електроенергії практично відсутній, віялові відключення застосовувалися в окремих регіонах переважно внаслідок чергових обстрілів. Більшою мірою це стосується прифронтових регіонів.

Деяке збільшення доступних генеруючих потужностей і часткове відновлення електричних мереж як передачі, так і розподілу електроенергії підвищило надійність ОЕС та зменшило ризики виникнення дефіциту.

Відновлення об'єктів магістральних мереж передачі електроенергії стало першочерговою задачею, оскільки саме вони обмежували можливість роботи генеруючих потужностей у частині транспортування електроенергії споживачам і призводили до віялових та аварійних відключень.

Вугільна промисловість

Станом на початок 2022 р. в Україні на контрольованій території працювало 18 вуглевидобувних підприємств, зокрема 13 державних і 5 приватних.

До початку бойових дій загальний видобуток вугілля українськими підприємствами становив до 93–94 тис. т на добу, зокрема державними вугледобувними підприємствами – 14–15 тис. т на добу.

Внаслідок військових дій і загострення ситуації на Сході України середньодобовий видобуток вугілля знизився до 60–70 тис. т на добу.

11 державних вугледобувних підприємств не здійснюють видобуток вугілля практично з початку військової агресії через близькість бойових дій, постійні обстріли, евакуацію населення та відсутність електропостачання.

Приблизно четверта частина українських державних шахт опинилися на тимчасово окупованій території.

Пошкодження внаслідок військових дій мають також окремі шахти, які знаходяться на підконтрольній Україні території.

Проблемою сектору, яка несе також значні екологічні ризики, є неконтрольоване підтоплення шахт внаслідок відключення насосів через відсутність електропостачання або розташування шахт у зоні бойових дій чи на ТОТ.

Вуглевидобувний сектор України зазнав значних втрат від військових дій ще до повномасштабного вторгнення. Значна частина шахт, зокрема практично всі шахти з видобутку антрацитового вугілля, знаходяться на тимчасово окупованій території починаючи з 2014–2015 років. Після початку повномасштабного вторгнення станом на початок червня 2023 р. близько 25 % потужностей державних і значна частина приватних шахт знаходяться на окупованій території. Загальний видобуток вугілля (у порівнянні з показниками 2021 р.) знизився приблизно на 35 %.

Видобуток природного газу

Окупаційні війська рашистів наступали на північні, східні та південні території України, де розташовані основні регіони видобутку та

запасів нафти і газу в країні. Активні бойові дії та наближеність до лінії зіткнення призвели до вимушеної консервації окремих свердловин і ведення робіт виключно на об'єктах, де це було умовно безпечним.

Найбільші родовища не потрапили безпосередньо до зони бойових дій, проте бої відбувалися в безпосередній близькості від них. Це насамперед стосується Харківської, та меншою мірою Полтавської, Сумської та Чернігівської областей.

З червня 2022 р. видобуток газу вдалося стабілізувати на обсязі близько 1,5 млрд м³ природного газу на місяць, що відповідає середньодобовому видобутку приблизно 47,5–50,5 млн м³. Загалом за 2022 р. видобуток, згідно з [5] становив 18,5 млрд м³ природного газу, що на 6,6 % або на 1,3 млрд м³ менше, ніж за підсумками 2021 року.

Робота газовидобувних підприємств ускладнюється тим, що в умовах війни вони не можуть повноцінно здійснювати нове буріння і капітальний ремонт свердловин, а лише проводять обслуговування наявного свердловинного фонду. Це пов'язано з обмеженням використання спеціальної техніки, яка може бути визначена як ціль і атакована рашистами.

Видобуток та переробка нафти

Україна внаслідок війни на сьогодні не може в повному обсязі задовольнити свої потреби в ПЕР за рахунок власного видобутку/виробництва енергоносіїв і частково залежить від постачання палива та енергії за імпортом. Повною мірою це стосується нафтопродуктів, оскільки основні виробники — Шебелинський ГПЗ та Кременчуцький НПЗ, за даними Міненерго, припинили свою роботу, а інші НПЗ не працюють уже багато років.

У зв'язку з пошкодженням Кременчуцького НПЗ та Кременчуцької ТЕЦ переробка нафти на українських НПЗ наразі неможлива. Потреби в нафтопродуктах на сьогодні Україна повністю задовольняє за рахунок їх імпорту. Наявні потужності з видобутку нафти, за наявними даними, законсервовані.

Котельні

Із зони ведення активних бойових дій та окупованих територій інформація щодо пошкодження котельні відсутня. За наявною підтвердженою інформацією найбільші пошкодження спостерігаються в Харківській області, де пошкоджено щонайменше 129 котелень та 12,8 км теплових мереж, у Сумській області — 37 котелень, у Чернігівській — 36 котелень, у Миколаївській — 25 котелень та 0,43 км теплових мереж, у Житомирській — 20 котелень та 0,082 км теплових мереж.

Загалом з початку війни щонайменше 591 котельня зазнала пошкоджень різного ступеню, що становить 2,4 % від їх загальної кількості.

Вплив на економіку країни

Загальні необхідні обсяги інвестицій в українську економіку з урахуванням збитків, завданих внаслідок військових дій, неможливо визначити в умовах ракетних обстрілів, що відбуваються з 10 жовтня 2022 року. Остаточне визначення необхідного обсягу фінансування, який зараз становить вже сотні мільярдів доларів, можливе після завершення військових дій. Вочевидь, власними силами Україна не зможе швидко відновити шкоду, нанесену рашистами. Джерелами фінансування мають стати репарації росії, кошти державного бюджету України, інвестиції міжнародних організацій та приватних інвесторів.

Лише на підконтрольній Україні території внаслідок бойових дій та обстрілів зруйновано або суттєво пошкоджено близько 4 % житлового фонду. Обсяги руйнування на тимчасово окупованих територіях можливо буде визначити після їх звільнення.

У 2022 р. падіння економіки було значним. За попередніми розрахунками основних макроекономічних показників Міністерства економіки України: зниження ВВП України в 2022 р. мало становити 33–35 %; зміна індексу споживчих цін — 22–24 %; зниження індексу сільськогосподарської продукції — 15–17 %.

Загалом ВВП країни у 2022 р. зменшився на 29,1 %. Меншому падінню ВВП відносно розрахункового сприяли невиробничі види економічної діяльності — фінансовий сектор, освіта, охорона здоров'я, телекомунікаційні послуги тощо. Окремо необхідно зазначити, що сектор державного управління та обов'язкового соціального страхування навіть збільшив додану вартість у порівнянні з попереднім роком на 35,4 %, хоча це і відбулося переважно за рахунок макроекономічної допомоги від закордонних партнерів.

Внаслідок окупації значної частини територій, сільське господарство зменшило випуск продукції на 25 %, споживчі ціни зросли на 20,2 % (треба зауважити, що було введено мораторій на підвищення тарифів на комунальні послуги, що значно зменшило показник), промисловість зменшила виробництво продукції на 36,7 % (причому додана вартість переробної промисловості зменшилася на 43,1 %). Повністю зруйновано два найбільших українських металургійних підприємства в Маріуполі, ряд інших підприємств пошкоджено. За підсумками грудня 2022 р. у порівнянні з груднем 2021 р. виробництво металургійної промисловості

зменшилося на 79,6 %. Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність зменшили додану вартість на 44,3 %. Вид діяльності з постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря скоротив додану вартість на 32,5 %.

Найбільший вплив на економіку спостерігався в березні-квітні 2022 р., а в подальшому відбувається поступова активізація економічної діяльності в регіонах, де бойові дії не відбуваються, пристосування суб'єктів господарювання до нових умов, переміщення ряду підприємств у відносно безпечні регіони, перенаштування логістичних шляхів, що поступово збільшує попит на енергоносії. Також падіння спостерігалось в IV кварталі 2022 р. внаслідок віялових відключень електричної енергії в усіх регіонах України.

Напрями відновлення та розвитку енергетичного сектору

На короткострокову перспективу частка окремих видів електростанцій у загальній структурі виробництва електричної енергії буде зумовлена характером і ступенем пошкодження об'єктів усіх видів генерації та мереж.

Упродовж найближчих 12-ти років в Україні, у відповідності до взятих на себе зобов'язань, планується повна відмова від вугільної генерації.

Протягом перехідного періоду (до 2035 р.) має відбуватися підтримка роботи вугледобувних підприємств, які зможуть частково забезпечувати потреби економіки України у вугіллі. Необхідність забезпечення енергетичного сектору вугіллем обумовлена дефіцитом маневрових потужностей, що потребує використання ТЕС.

Як зазначено вище, ОЕС України на сучасному етапі має достатні обсяги генеруючих потужностей у порівнянні з загальним навантаженням в енергосистемі, але водночас є негнучкою, адже характеризується дефіцитом маневрених потужностей. Більша частина потужностей є базовою потужністю, не призначеною для частих і швидких змін режимів роботи. Водночас високоманеврова теплова генерація, що є критично важливою для балансування української енергосистеми, вже відпрацювала свій робочий ресурс. Таким чином, відмова від теплової генерації на вихопному паливі має відбуватися поступово та супроводжуватися будівництвом нових маневрових потужностей.

Поступова модернізація та будівництво нових ТЕЦ на біопаливі та заміщення ними потужностей ТЕС надасть можливість одночасно замінювати газ та вугілля при виробництві теплової енергії та забезпечувати маневрові потужності в електроенергетиці.

Заміщення ТЕС також має відбуватися за рахунок зростання операційних потужностей АЕС — будівництва щонайменше двох сучасних високоманеврових блоків на Хмельницькій АЕС.

Будівництво гідро- та гідроакумуляційних електростанцій загальною потужністю до 2 ГВт дасть змогу значно підвищити маневрові можливості ОЕС України.

Розвиток вітрової та сонячної енергетики, окрім відновлення пошкоджених об'єктів, має передбачати будівництво нових загальною потужністю до 15 ГВт. Реалізації цих проєктів має передувати збільшення маневрових потужностей.

Найближчими роками мають активно впроваджуватимуться програми термомодернізації житла. Для оптимізації структури енергетичного балансу країни щонайменше 50 % будівель житлового та громадського фондів мають бути термомодернізовані до 2035 року.

Для підвищення рівня енергетичної безпеки в середньо- та довгостроковій перспективі має відбуватися переведення попиту з нафтопродуктів у транспорті на газ та електроенергію, а також в опаленні з вугілля та газу на біопаливо та електроенергію, що потребує відповідного оновлення мереж і формування ринку біопалива в Україні.

Упродовж декількох років мають бути реалізовані проєкти з будівництва виробництв біопалив (біоетанол, біодизель, біогаз, пелети).

Після завершення військових дій і відміни мораторію на підвищення тарифів має проводитися політика відмови від державної допомоги в паливно-енергетичному комплексі (поступова відмова від допомоги державним шахтам, підприємствам житлово-комунального господарства). Соціально вразливі верстви населення мають отримувати адресну допомогу на оплату послуг ЖКХ. Це надасть можливість уникнути системних неплатежів і фінансових дисбалансів на енергетичному ринку. Причому має бути жорсткий облік всіх без винятку наданих послуг і контроль з боку НКРЕКП за тарифоутворенням.

Має відбуватися подальша лібералізація ринків електричної та теплової енергії, встановлення ринкових тарифів на виробництво, транспортування, постачання енергії та підключення до мереж.

Розширення інтерконекторів з європейською системою передачі електроенергії ENTSO-E до 5–6 ГВт дасть змогу підвищити стійкість ОЕС України та збільшити її експортні можливості.

В умовах значного зовнішнього боргу та від'ємного сальдо зовнішньоторговельних операцій збільшення власного видобутку природного

газу на існуючих родовищах, розробка нових родовищ природного газу та нетрадиційних вугледовнів є одним із головних завдань з метою забезпечення економіки природним газом.

ВИСНОВКИ

Відкрита військова агресія рашистів поставила перед нашою країною низку проблем, від правильного розв'язання яких залежить виживання нації. Очевидно, що агресор, окрім інших напрямів атак, цілеспрямовано намагається знищити потужності та інфраструктуру енергетичного комплексу. Метою цих атак є унеможливлення енергетичного забезпечення країни та подальша капітуляція України. Це вже викликало протягом жовтня 2022 р. — лютого 2023 р. штучно створену енергетичну бідність в Україні, гуманітарну, екологічну та техногенну катастрофи.

Завдяки неймовірним зусиллям, енергетика країни поступово відновлюється. Але в цих умовах для нашої держави необхідно кардинально та в найкоротші терміни реформувати енергетичний комплекс на засадах підвищення його стійкості та надійності постачання енергоносіїв.

У статті доведено, що попри те, що загальна доступна ОЕС потужність знизилася (у порівнянні з довоєнним періодом) більше ніж в два рази, енергетичний комплекс є спроможним на сьогодні задовольняти потреби споживачів в електроенергії.

Проте система є негнучкою і характеризується дефіцитом маневрених потужностей. Навіть наявні високоманеврові потужності теплової генерації вже відпрацювали свій робочий ресурс. Таким чином, насамперед відновлення енергетики має відбуватися за рахунок будівництва нових маневрових потужностей.

Цю роль мають виконувати сучасні потужності, які використовують різні джерела енергії, що дасть змогу збільшити стійкість енергосистеми та надійність постачання електричної енергії.

Здійснений аналіз роботи нафтогазового сектору дає змогу констатувати зупинку нафтової промисловості. Газовидобувний сектор не суттєво (лише на 6,6 %) зменшив свої виробничі показники у 2022 р. у порівнянні з довоєнним періодом.

Аналіз економічних втрат свідчить про неможливість української економіки самостійно відновитися в короткі терміни. Для цього потрібно залучення значних коштів, насамперед репарацій від росії, а також залучення міжнародних донорів і закордонних інвесторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про Заяву Верховної Ради України “Про використання політичним режимом російської федерації ідеології рашизму, засудження засад і практик рашизму як тоталітарних і людиноненавистницьких” [Електронний ресурс]: Постанова Верховної Ради України від 2 черв. 2023 р. № 3078-IX. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3078-IX#Text>.
2. Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни [Електронний ресурс]: Закон України від 3 берез. 2022 р. № 2115-IX. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2115-20#Text>.
3. Гламаздин В. П. Розвиток нафтогазового сектору як складової енергетики України / В. П. Гламаздин, О. В. Мельник, В. М. Тонкоголосюк // Наука технології інновації. — 2020. — № 1 (13). — С. 32–41. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2020-1-05>.
4. Гламаздин В. П. Розвиток електроенергетичного сектору як складової енергетики України / В. П. Гламаздин, О. В. Мельник, В. М. Тонкоголосюк // Наука технології інновації. — 2020. — № 2 (14). — С. 9–15. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2020-2-02>.
5. Російський терор не досяг цілі: як енергетичний сектор витримав рік великої війни і встає на ноги [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/02/24/697394/>.

REFERENCES

1. Pro Zaiavu Verkhovnoi Rady Ukrainy “Pro vykorystannia politychnym rezhymom rosiiskoi federatsii ideolohii rashyzmu, zasudzhennia zasad i praktyk rashyzmu yak totalitarnykh i liudynonenavysnytskykh” [On the Statement of the Verkhovna Rada of Ukraine “On the use of the ideology of racism by the political regime of the Russian Federation, condemnation of the foundations and practices of racism as totalitarian and misanthropic”]. Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine dated June 2, 2023 No. 3078-IX. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3078-IX#Text>. [in Ukr.].
2. Pro zakhyst interesiv subiektiv podannia zvitnosti ta inshykh dokumentiv u period dii voiennoho stanu abo stanu viiny [On the protection of the interests of subjects submitting reports and other documents during the period of martial law or a state of war]. Law of Ukraine dated March 3, 2022 No. 2115-IX. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2115-20#Text> [in Ukr.].
3. Glamazdin, V. P., Melnik, O. V., & Tonkogolosiuk, V. M. (2020). Rozvitok naftogazovogo sektoru yak skladovoyi energetiki Ukrainy [Oil & Gas Sector Developments as a Component of Energy of Ukraine]. *Nauka. Tehnologiyi. Innovatsiyi* [Science. Technologies. Innovations]. 1(13), 32–41. [in Ukr.]. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2020-1-05>.
4. Glamazdin, V. P., Melnik, O. V., & Tonkogolosiuk, V. M. (2020). Rozvitok elektroenergetychnoho sektoru yak skladovoyi energetiki Ukrainy [Development of the electric power sector as a component of the energy industry of Ukraine]. *Nauka. Tehnologiyi. Innovatsiyi* [Science. Technologies. Innovations]. 2(14), 9–15. [in Ukr.]. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2020-2-02>.

5. Rosiiskiyi teror ne dosiah tsili: yak enerhetychnyi sektor vytrymav rik velykoi viiny i vstaie na nohy [Russian terror did not reach its goal: how the energy sector

survived a year of the great war and is getting back on its feet]. Retrieved from: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/02/24/697394/>. [in Ukr.].

V. P. GLAMAZDIN, ENTSO-E integration expert of National Power Company Ukrenergo

O. V. MELNYK, PhD in Economics, Senior Researcher

V. M. TONKOGOLOSIUK, Deputy Director

ANALYSIS OF THE WORK OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF MILITARY AGGRESSION AND DETERMINATION OF PROSPECTIVE DEVELOPMENT DIRECTIONS

Abstract. *The current state and directions of development of the fuel and energy complex of Ukraine are elaborated in the study. The state of the energy complex is analyzed, in particular, the impact of large-scale military aggression on the production and consumption of fuel and energy resources by the economy of Ukraine. The state of the electric power complex was considered. An analysis of damage to energy facilities and infrastructure was carried out by sectors: nuclear energy, thermal energy, large hydropower, renewable types (solar and wind energy). An analysis of damages and their consequences of energy infrastructure — high-voltage substations — was carried out. The state of the oil and gas complex has been worked out. It has been confirmed that the oil industry is not functioning as a result of large-scale aggression. The gas production industry slightly reduced production volumes. The economic conditions in which Ukraine found itself as a result of military actions were considered. The long-term development directions of the energy sector of Ukraine are proposed.*

Keywords: *energy sector, fuel and energy resources, electricity production, electricity consumption, traditional and renewable energy sources.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Гламаздин Вадим Павлович — експерт з інтеграції з ENTSO-E НЕК “Укренерго”, вул. С. Петлюри, 25, м. Київ, Україна, 01601; vadym.glamazdin@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3459-3249

Мельник Олександр Васильович — канд. екон. наук, с. н. с., керівник аналітичної служби ТОВ “Центр досліджень: енергетика і політика”, вул. Лаврська, 9, корп. 19, м. Київ, Україна, 01015; +38 (044) 280-64-57; melinik@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5862-3022

Тонкогolosюк Володимир Миколайович — заступник генерального директора ТОВ “Центр досліджень: енергетика і політика”, вул. Лаврська, 9, корп. 19, м. Київ, Україна, 01015; +38 (044) 280-64-57; v.tonkogolosyuk@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4469-422X

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Glamazdin V. P. — ENTSO-E integration expert of National Power Company Ukrenergo, S. Petliury Str., 25, Kyiv, Ukraine, 01601; vadym.glamazdin@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3459-3249

Melnyk O. V. — PhD in Economics, Senior Researcher, Head of Analytic Department in Research Center: Energy & Politics LLC, Lavrska Str., 9, Kyiv, Ukraine, 01015; +38 (044) 280-64-57; melinik@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5862-3022

Tonkogolosyuk V. M. — Deputy Director in Research Center: Energy & Politics LLC, Lavrska Str. 9, Kyiv, Ukraine, 01015; +38 (044) 280-64-57; v.tonkogolosyuk@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4469-422X



Н. І. ГОРНОСТАЙ, С. Н. С.

О. Є. МИХАЛЬЧЕНКОВА, С. Н. С.

СТАН ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТРАНСКОРДОННОГО СПІВРОБІТНИЦТВА В УКРАЇНІ

Резюме. Стаття присвячена актуальній темі транскордонного співробітництва України та розвитку євро-регіонів. У статті розглянуто значення транскордонного співробітництва для України, а також історичні віхи його формування. Проаналізовано проблеми соціально-економічного розвитку прикордонних регіонів і транскордонного співробітництва, особливості та напрями співробітництва України з країнами ЄС. Вивчено теоретичні та практичні аспекти реалізації єврорегіональної політики. Систематизовано форми єврорегіонального співробітництва. Досліджено особливості функціонування єврорегіонів. Виділено головні напрями та стратегічні орієнтири розвитку єврорегіонального співробітництва в європейських країнах. Визначено характеристики та ознаки економічного впливу єврорегіональних структур на розвиток прикордонних регіонів суміжних держав. Розглянуто чинні програми Interreg NEXT співпраці ЄС із сусідніми регіонами.

Ключові слова: транскордонне співробітництво, єврорегіон, регіон, прикордонні регіони, програми Interreg NEXT.

ВСТУП

Найпоширенішою помилкою на сьогодні є розуміння того, що єврорегіони — це виключно форма прикордонної взаємодії всередині Європейського Союзу чи на його кордоні з країнами — потенційними кандидатами на вступ до ЄС. У цьому контексті найбільш прийнятною є позиція, що єврорегіон — це інструмент зовнішньої політики окремих суверенних держав, що пов'язаний із будь-яким видом добровільної середньо- і довгострокової транскордонної кооперації за участі муніципальних утворень або цілих районів сусідніх країн, юридичне оформлення якої базується на принципах "Європейської рамкової конвенції про прикордонне співробітництво територіальних спільнот і влади". Конвенцію було підписано в 1980 р., учасниками якої є не лише члени — країни ЄС, а й багато інших держав.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В умовах посилення глобалізаційних процесів важливого значення набуває така форма міжнародної співпраці, як транскордонне співробітництво та створення єврорегіонів, що за ефективного функціонування можуть бути певним засобом реалізації соціально-економічного та політичного потенціалу прикордонних територій.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАНИХ ПУБЛІКАЦІЙ

Питання транскордонного співробітництва посідають центральне місце в сучасних дослідженнях, оскільки виступають одним із клю-

чових чинників розвитку прикордонних регіонів, запорукою стабільності та добросусідства, розвитку підприємництва, людського капіталу, інновацій, найбільш повної реалізації потенціалу прикордонного становища регіону. Зазначені питання широко висвітлені в працях таких науковців і практиків, як В. В. Пархоменко [1], В. В. Маркович [2], І. В. Артьомов [3], І. Кацал [4], О. В. Захарова [5].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Транскордонне співробітництво посідає важливе місце у системі міжнародних зв'язків, виступаючи формою міждержавної інтеграції та інтенсифікації відносин прикордонних регіонів. Маючи значний потенціал щодо залучення іноземних інвестицій, створення нових робочих місць, посилення прикордонної торгівлі, налагодження етнокультурних зв'язків із суміжними територіями, транскордонне співробітництво відіграє значну роль у системі регіональної політики.

Розвиток взаємодії прикордонних регіонів, дозволяючи зберігати специфіку, самобутність та індивідуальність кожної зі сторін, значною мірою розкриває широкі можливості для успішного розв'язання локальних проблем, також дає змогу максимально використовувати національний потенціал, поступово згладжувати прояви відчуженості в соціально-економічному розвитку окремих територіально-адміністративних одиниць. Прикордонне співробітництво реалізується завдяки спільно розробленим програмам у сфері науково-технічної, торговельно-

економічної та культурної взаємодії. Світова динаміка розвитку транскордонного співробітництва переконливо свідчить про його активізацію, що зумовлено необхідністю досягнення спільних цілей — конвергенції регіонів та усунення диспропорцій їх соціально-економічного розвитку. Нині в транскордонних регіонах виникає безліч спільних проблем в екологічній, транспортній, економічній, культурно-освітній, соціальній та інших сферах, для розв'язання яких необхідно поєднувати зусилля.

Для країн із перехідною економікою транскордонне співробітництво є додатковим елементом інтеграції, що розширює можливості прикордонних регіонів ініціювати та втілювати транскордонні проекти з метою підвищення рівня регіонального соціально-економічного розвитку шляхом налагодження взаємовигідних зв'язків суб'єктів господарювання з використанням загального ресурсного потенціалу.

Розвиток транскордонного співробітництва спрямовано насамперед на забезпечення високої якості життя мешканців прикордонних територій, інфраструктурне забезпечення відповідних територій, розв'язання спільних проблем суміжних територій. Основою розвитку транскордонних регіонів є транскордонне співробітництво. Транскордонний регіон охоплює суміжні прикордонні території двох та більше держав на різних рівнях відповідних адміністративно-територіальних систем, починаючи з рівня NUTS2 (між регіонами).

Інституційно-правове забезпечення розвитку транскордонного співробітництва в Україні становлять міжнародні нормативно-правові документи, ратифіковані Україною, міждержавні угоди, національне законодавство, міжрегіональні угоди, угоди між учасниками, зокрема єврорегіональних утворень, які стосуються транскордонного співробітництва.

Ключовим нормативно-правовим документом, що регулює транскордонне співробітництво в Україні, є Закон України “Про транскордонне співробітництво” від 24 червня 2004 р. № 1861-IV [6]. Цей документ регулює економічні, правові, організаційні та відносини у сфері транскордонного співробітництва та конкретизує в рамках такої співпраці джерела фінансування проектів (програм).

Відповідно до Закону України “Про транскордонне співробітництво”, Транскордонне співробітництво (ТКС) — це “спільні дії, спрямовані на встановлення і поглиблення економічних, соціальних, наукових, технологічних, екологічних, культурних і інших відносин між суб'єктами і учасниками таких відносин в Україні і відповідними суб'єктами і учасниками таких відно-

син із сусідніх держав у межах компетенції, визначеної їх національним законодавством” [6]. Мета ТКС полягає в розвитку соціально-економічних, науково-технічних, екологічних, культурних та інших зв'язків між суб'єктами та учасниками ТКС.

Водночас в Україні головним документом, що визначає регіональну політику у сфері транскордонного співробітництва, є “Державна програма розвитку транскордонного співробітництва на 2021–2027 роки” [7], у якій розвиток транскордонного співробітництва визначається з-поміж основних завдань за двома стратегічними цілями. Окрім того, одним з інструментів реалізації цієї програми є державні програми розвитку транскордонного співробітництва, які передбачають консолідацію зусиль, що спрямовані на: сприяння розвитку євро регіонів; ліквідацію інфраструктурних та адміністративних бар'єрів для активізації співпраці прикордонних територій; провадження спільної діяльності у сфері малого та середнього бізнесу; підвищення рівня конкурентоспроможності регіонів; розбудову їхньої виробничої та соціальної інфраструктури.

Найбільш дієвою інституціоналізованою формою транскордонного співробітництва на сьогодні є єврорегіони.

Процес створення єврорегіонів у Західній Європі розпочався після Другої світової війни та мав на меті активізацію соціально-економічного розвитку територій, що належали єврорегіональним об'єднанням. Діяльність єврорегіонів розглядалася в країнах Західної Європи як спосіб побудови нового економічного та громадського порядку, активізації участі в процесах європейської інтеграції територій провінційного та муніципального рівнів. Основоположниками цього процесу були норвезькі, шведські, фінські, голландські, німецькі та французькі прикордонні регіони. Головною передумовою розвитку єврорегіонів було посилення та поглиблення транскордонного співробітництва, добросусідських взаємин між територіальними громадами й органами влади, а також прагнення усунення кордонів між країнами — членами ЄС.

Поняття “транскордонне співробітництво” вперше було згадано в 1976 р., коли Європейський Парламент запропонував проект про спіл-ки прикордонних регіонів.

Перший єврорегіон з'явився на кордоні Німеччини та Нідерландів у 1958 р. під назвою “EUREGIO”. Надалі єврорегіони почали поширюватися територією Європи. Єврорегіони часто поєднують території, що пов'язані географічно: наприклад, регіон “Баварський ліс — Богемський ліс Шумава”, розташований в єдиному лісовому масиві Німеччини, Австрії та Чехії, або

“Татри” — в єдиній гірській системі Польщі та Словаччини. В інших випадках території можуть бути пов’язані історично: чесько-польський євро регіон “Сілезія”, створений на території середньовічної незалежної держави; австро-угорська транскордонна освіта “Західна Паннонія” — частина давньоримської провінції.

Згідно з Законом України “Про транскордонне співробітництво”, Євро регіон визначається як організаційна форма транскордонного співробітництва, що здійснюється відповідно до двосторонніх або багатосторонніх угод про транскордонне співробітництво [6].

Євро регіон — це інституційно оформлене транскордонне співробітництво, яке насамперед є взаємодією двох або декількох прикордонних територій в економічній, екологічній, культурній, науково-технічній, соціальній та інших сферах із метою підвищення ефективності розвитку цих територій, що регулюється різними угодами, ухваленими як на міжнародному, так і на регіональному рівнях.

Головна мета існування євро регіону полягає у всебічному зближенні народів, створенні та підтриманні клімату, що сприятиме партнерству та обміну досвідом із широкого кола питань (довкілля, сільське господарство, транспорт, комунікації, безпека, зайнятість, технології, туризм тощо). Реалізація головної мети досягається виконанням низки цілей, які визначаються для кожного євро регіону як необхідні та оптимальні у цій місцевості. Визначення цілей засноване на поглибленому аналізі економічного рівня розвитку, стану довкілля, інвестиційної та інноваційної активності, стану транспортної інфраструктури тощо.

Головними цілями євро регіону є: активізація співпраці, обмін досвідом та інформацією; вирівнювання та покращення умов життя; сприяння регіональному розвитку; обмін досвідом та інформацією щодо ринку праці; розвиток господарства та торгівлі; розвиток інфраструктури; розвиток туризму; врегулювання прикордонного руху; охорона та покращення навколишнього середовища; співробітництво при аваріях і катастрофах; співробітництво в різних галузях (просторового планування; гуманітарної та соціальної допомоги; спорту, охорони здоров’я); співробітництво гірничих служб; культурний обмін та охорона культурної спадщини; програми молодіжного обміну; покращення відносин між людьми.

Україна бере участь у створенні євро регіонів з 1993 р. ратифікувавши “Європейську рамкову конвенцію з транскордонного співробітництва територіальних утворень та їх органів урядування” (ухвалена в Мадриді 21 травня 1980 р.).

Нині в Україні налічується десять євро регіонів (табл. 1), які умовно можна поділити за територіально-географічними й адміністративними ознаками на такі, що:

- утворені спільно з країнами — членами ЄС, а саме: “Карпатський євро регіон”, “Євро регіон «Буг»”, “Євро регіон «Нижній Дунай»”, “Євро регіон «Верхній Прут»”;
- утворені спільно з країнами, які не є країнами — членами ЄС, а саме: “Євро регіон «Дністер»”, “Євро регіон «Дніпро»”, “Євро регіон «Слобожанщина»”, “Євро регіон «Ярославна»”, “Євро регіон «Чорне море»”, “Євро регіон «Донбас»”.

Унаслідок воєнно-політичних причин, а саме через повномасштабну війну російської федерації проти України з лютого 2022 р. остаточно припинили своє функціонування євро регіони “Ярославна”, “Донбас”, “Слобожанщина”, “Чорне море”, у стані “застою” перебувають євро регіони “Дніпро”, “Буг”, “Верхній Прут”. Зберігає позиції розвитку лише євро регіон “Карпати”, який розташований вздовж західного кордону України. Цей євро регіон охоплює такі п’ять країн: Україна, Румунія, Угорщина, Словачка Республіка.

Проте реалізація зазначених перспектив відсунулася на невизначений термін у зв’язку з ескалацією міжнародного конфлікту між росією та Україною. Можна говорити про те, що за досить нетривалий історичний період Україна та росія перестали бути партнерами в розвитку та поглибленні відносин інтеграційного типу.

Транскордонне співробітництво між державами — членами ЄС та регіоном сусідства вперше було започатковано в рамках європейської політики сусідства та фінансується Європейським інструментом сусідства та партнерства (ENPI) на період 2007–2013 роки з метою сприяння добросусідським відносинам і поступовій економічній інтеграції країн-учасниць. Це було ще раз підтверджено в Європейському інструменті сусідства (ENI) на період 2014–2020 роки.

У 2021–2027 рр. співпраця регулюватиметься політикою згуртованості ЄС, а програми будуть частиною Interreg. Щоб висвітлити зовнішній вимір політики згуртованості та водночас підкреслити те, наскільки близькі між собою ЄС та країни-партнери, нова програма називається “Interreg NEXT”. Програми на 2021–2027 рр. в основному регулюються [8].

На програми співпраці Interreg NEXT на період 2021–2027 рр. виділено 1,1 млрд євро з Європейського фонду регіонального розвитку (ERDF), Інструменту сусідства, розвитку та міжнародного співробітництва (NDICI) та Інструменту підготовки до вступу (IPA).

Таблиця 1

Утворені євро регіони України

Назва євро регіону	Рік створення або приєднання України	Країни-учасниці (регіони яких входять до складу євро регіону)
“Буг”	1995 р.	Україна, Республіка Польща, Республіка Білорусь
“Нижній Дунай”	1998 р.	Україна, Республіка Польща, Республіка Молдови, Румунія
“Карпати”	2000 р.	Україна, Румунія, Угорщина, Словацька Республіка
“Верхній Прут”	2000 р.	Україна, Республіка Молдови, Румунія
“Дніпро”	2003 р.	Україна, Республіка Білорусь, росія
“Слобожанщина”	2003 р.	Україна, росія
“Ярославна”	2007 р.	Україна, росія
Чорноморський євро регіон	2008 р.	Україна, Республіка Азербайджан, Республіка Албанія, Республіка Болгарія, Грецька Республіка, Грузія, Республіка Молдова, Республіка Сербія, Румунія, Турецька Республіка, росія
“Донбас”	2010 р.	Україна, росія
“Дністер”	2012 р.	Україна, Республіка Молдова

Після російської військової агресії проти України та відповідно до обмежувальних заходів ЄС, 4 березня 2022 р. за рішенням Європейської комісії було призупинено транскордонне співробітництво і транснаціональне співробітництво з росією і Білоруссю в програмах транскордонного співробітництва Європейського інструменту сусідства (ENI CBC), а також їхню участь у програмі Interreg NEXT на період 2021–2027 роки. Комісія мала низку програм, що фінансувалися ЄС у росії на суму 178 млн євро, у Білорусі – 257 млн євро. Таким чином, Європейська комісія повною мірою взяла курс на підтримку української незалежності та суверенітету, продемонструвавши політику солідарності та згуртованості [9; 10].

Понад 66 млн євро на транскордонне співробітництво з Україною будуть доступні в рамках першої програми транскордонного співробітництва, ухваленої Єврокомісією: Interreg NEXT Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна. Програма розрахована на 2021–2027 роки. Завдяки цій Політиці згуртування три держави — члени ЄС (Угорщина, Словаччина та Румунія) та Україна працюватимуть разом задля забезпечення рівного доступу до медичної допомоги та підвищення стійкості своїх систем охорони здоров'я. Програма також забезпечить підтримку сталих рішень для адаптації до змін клімату та запобігання ризикам виникнення катастроф. Країни-учасниці також співпрацюватимуть за напрямками захисту природи, розвитку зеленої

інфраструктури та покращення умов для сталого туризму [11].

Окремої уваги потребує транскордонне співробітництво з Польщею. Оскільки головні вектори співпраці мали акцент і на Білорусь, тому, наприклад, програма транскордонного співробітництва Польща-Білорусь-Україна, яка діяла на території Рівненської області до повномасштабної війни, буде продовжена, але вже в рамках співпраці між Польщею та Україною Interreg NEXT Польща-Україна 2021–2027. Загальний бюджет “Програми транскордонного співробітництва Interreg NEXT Польща-Україна 2021–2027” в четвертому фінансовому періоді на 2021–2027 рр. становить 187,4 млн євро, а на самі проекти виділено 170,3 млн. У контексті програми визначено п'ять пріоритетів — “Довкілля”, “Здоров'я”, “Туризм”, “Співпраця” та “Кордони” [12].

Розвиток міжрегіонального співробітництва між Україною та Румунією відбувається за трьома головними напрямками: транскордонне співробітництво в рамках програм Європейського інструменту сусідства; співробітництво на рівні неурядових організацій і місцевих державних органів України та Румунії; регіональне торговельно-економічне співробітництво. Звісно, під час війни пріоритети транскордонної політики змінилися в сторону допомоги біженцям з України.

Загальний бюджет “Програми транскордонного співробітництва Interreg NEXT “Румунія-

Україна 2021–2027” становить 60 млн євро. Пріоритетами Програми є екологія, соціальний розвиток та управління кордонами [13].

Програма Чорноморського басейну NEXT спрямована на зміцнення наявних зв'язків між країнами-учасниками та буде нові у сфері досліджень та інновацій та охорони навколишнього середовища. Таким чином, Програма спиратиметься та поглиблюватиме транскордонне співробітництво в регіоні Чорноморського басейну в транснаціональній конфігурації.

Чорноморський басейн включає країни (Вірменія, Грузія, Республіка Молдова), а також регіони Болгарії, Греції, Румунії, Туреччини та України. Чорне море є унікальним морським басейном, що багатим на біорізноманіття та культурну спадщину, але також тут відбувається виняткове поєднання природних і антропогенних факторів стресу. Чорне море вважається провідною територіальною ознакою регіону, а всі регіони навколо його басейну є функціональною зоною [14].

ВИСНОВКИ

Отже, з урахуванням вищевикладеного, дослідження особливостей формування системи транскордонного співробітництва України, країн ЄС та інших сусідніх країн як інноваційного елемента та рушійної сили для сталого розвитку регіональної економіки, периферійних прикордонних територій є актуальним науково-практичним завданням, що викликає значний інтерес не лише серед наукових та експертних кіл, а й у значній кількості інших зацікавлених верств суспільства. Також прикордонне співробітництво відіграє важливу роль у розвитку прикордонних територій, оскільки сприяє подоланню їх відстороненості та відокремленості в системі національних господарських зв'язків.

На нашу думку, що перспективними напрямками розвитку транскордонної взаємодії України з сусідніми країнами є:

1) підвищення міжнародної конкурентоздатності прикордонних регіонів та збільшення ступеня використання наявних міжнародних конкурентних переваг;

2) розвиток транскордонного співробітництва на мікрорівні у високотехнологічних галузях.

Причому розвиток міжнародної економічної взаємодії за вищевказаними напрямками має базуватися на прогностичних оцінках варіантів розвитку міжнародної економічної діяльності країн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пархоменко В. В. Проблеми та перспективи транскордонного співробітництва в Україні / В. В. Пархоменко // Науковий вісник Національної

академії статистики, обліку та аудиту. — 2020. — № 4. — С. 77–85.

2. Маркович В. В. Соціально-економічна ефективність транскордонного співробітництва України в умовах європейської інтеграції: дис. ... канд. екон. наук. спец. 08.00.02 / В. В. Маркович. — Львів, 2017. — 211 с.
3. Транскордонне співробітництво України: стан, проблеми, перспективи: монографія / за заг. ред. І. В. Артьомова. — Ужгород : Закарпатський державний університет, 2012. — 520 с.
4. Кацал І. Перевірка витрат за проектами в межах програм транскордонного співробітництва: загальний концепт і практичні рекомендації [Електронний ресурс] / І. Кацал // Вісник МСФЗ. — 2019. — № 8. — Режим доступу: https://msfz.ligazakon.ua/ua/magazine_article/FZ001945.
5. Захарова О. В. Участь України у функціонуванні євро регіонів / О. В. Захарова // Збірник наукових праць ЧДТУ. — 2022. — Вип. 64. — С. 75–87. (Серія: Економічні науки).
6. Про транскордонне співробітництво : Закон України від 24 черв. 2004 р. № 1861-IV [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1861-15#Text>.
7. Про затвердження Державної програми розвитку транскордонного співробітництва на 2021–2027 роки [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 14 квіт. 2021 р. 408-2021-п. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/408-2021-%D0%BF#n110>.
8. Regulation (EU) 2021/1059 of the European Parliament and of the Council of 24 June 2021 on specific provisions for the European territorial cooperation goal (Interreg) [Electronic resource]. — Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1059>.
9. Єврокомісія анонсувала зупинку транскордонного співробітництва з Росією і Білоруссю [Електронний ресурс] / РБК. — Режим доступу: <https://www.rbc.ua/ukr/news/evrokomissiya-anonsirovala-ostanovku>.
10. Єврокомісія профінансує транскордонні проекти з Україною, перервані війною [Електронний ресурс] // УКРІНФОРМ. — Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-politics/3535027-evrokomisia-profinansue-transkordonni-proekti-z-ukrainouperervani-vijnou.html>.
11. Hungary-Slovakia-Romania-Ukraine Programme [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.huskroua-cbc.net/>.
12. Poland-Ukraine Programme [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.pbu2020.eu/en>.
13. Interreg NEXT Romania — Ukraine [Electronic resource]. — Access mode: <https://ro-ua.net/en/home-2021-2027>.
14. Common borders. Common [Electronic resource]. — Access mode: <https://blacksea-cbc.net/>.

REFERENCES

1. Parkhomenko, V. V. (2020). Problemy ta perspektyvy transkordonnoho spivrobitnytstva v Ukraini. [Problems and prospects of cross-border cooperation in Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoi akademii statystyky, obliku ta audytu* [Scientific Bulletin of the National Academy of Statistics, Accounting and Auditing]. 4, 77–85. [in Ukr.].
2. Markovych, V. V. (2017). Sotsialno-ekonomichna efektyvnist transkordonnoho spivrobitnytstva Ukrainy v umovakh yevropeiskoi intehtatsii [The socio-economic effectiveness of the cross-border

- der cooperation of Ukraine in the context of European integration]. Candidate's thesis. Lviv, 211. [in Ukr.].
3. Artimov, I. V. (Ed.). (2012). *Transkordonne spivrobitnytstvo Ukrainy: stan, problemy, perspektivy [The trans-border cooperation of Ukraine: performance, problems, prospects]*. Uzhhorod, 520 p. [in Ukr.].
 4. Katsal, I. (2019). Perevirka vytrat za proektamy v mezhakh prohram transkordonnoho spivrobitnytstva: zahalni kontsept i praktychni rekomendatsii [Verification of project costs within trans-border cooperation programs: general concept and practical recommendations]. *Visnyk MSFZ* [Bulletin of MSFZ]. 8. Retrieved from: https://msfz.ligazakon.ua/ua/magazine_article/FZ001945 [in Ukr.].
 5. Zakhara, O. V. (2022). Uchast Ukrainy u funktsionuvanni yevrorehioniv [Participation of Ukraine in the functioning of euroregions]. Cherkasy, 64. [in Ukr.].
 6. Pro transkordonne spivrobitnytstvo: Zakon Ukrainy vid 24 chervnya. 2004 r. № 1861-IV [On cross-border cooperation: Law of Ukraine dated June 24 2004 No. 1861-IV]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1861-15#Text> [in Ukr.].
 7. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi prohramy rozvytku transkordonnoho spivrobitnytstva na 2021–2027 roky: Postanova KМУ vid 14.04.2021 r. No. 408 [Approval of the State Program for the Development of Cross-Border Cooperation: Directive of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 14.04.2021 No. 408]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/408-2021-n> [in Ukr.].
 8. Regulation (EU) 2021/1059 of the European Parliament and of the Council of 24 June 2021 on specific provisions for the European territorial cooperation goal (Interreg) Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1059>.
 9. Yevrokomisiia anonsuvala zupynku transkordonnoho spivrobitnytstva z Rosiieiu i Bilorussiu [The European Commission announced the suspension of cross-border cooperation with Russia and Belarus]. *RBK*. Retrieved from: <https://www.rbc.ua/ukr/news/evrokomissiia-anonsirovala-ostanovku> [in Ukr.].
 10. Yevrokomisiia profinsansue transkordonni proiekty z Ukrainoiu, perervani viinoiu [The European Commission will finance cross-border projects with Ukraine interrupted by the war]. *UKRINFORM*. Retrieved from: <https://www.ukrinform.ua/rubric-politics/3535027-evrokomisia-profinansue-transkordonni-proekty-z-ukrainouperervani-vijnou.html> [in Ukr.].
 11. Hungary-Slovakia-Romania-Ukraine Programme. Retrieved from: <http://www.huskroua-cbc.net/>.
 12. Poland-Ukraine Programme. Retrieved from: <http://www.pbu2020.eu/en>.
 13. Interreg NEXT Romania — Ukraine. Retrieved from: <https://ro-ua.net/en/home-2021-2027>.
 14. Common borders. Common solutions. Retrieved from: <https://blacksea-cbc.net/>.

N. I. HORNOSTAI, Senior Researcher

O. Y. MYKHALCHENKOVA, Senior Researcher

STATUS AND PECULIARITIES OF CROSS-BORDER COOPERATION DEVELOPMENT IN UKRAINE

Abstract. The article is devoted to the currently relevant topic of cross-border cooperation of Ukraine and the development of Euroregions. The article considers the significance of cross-border cooperation for Ukraine, the historical milestones of its formation. The problems of socio-economic development of boundary regions and cross-border cooperation, peculiarities and directions of Ukraine's cooperation with the EU countries are analysed. Theoretical and practical aspects of the implementation of Euroregional policy have been studied. Forms of Euroregional cooperation are systematized. The peculiarities of functioning of Euroregions are investigated. The main directions and strategic guidelines for the development of Euroregional cooperation in European countries are identified. The characteristics and signs of the economic influence of Euroregional structures on the development of boundary regions of neighbouring states are determined. Existing Interreg NEXT programs of EU cooperation with neighbouring regions were considered.

Keywords: cross-border cooperation, Euroregion, region, boundary regions, Interreg NEXT programs.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Горностай Наталія Ігорівна — с. н. с., ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 521-00-34; gornostai@uinter.kiev.ua; ORCID: 0000-0003-0383-7132

Михальченкова Олена Євгенівна — с. н. с., ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 521-09-81; eem@uinter.kiev.ua; ORCID: 0000-0001-7784-9668

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Hornostai N. I. — Senior Researcher of Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03680; +38 (044) 521-00-34; gornostai@uinter.kiev.ua; ORCID: 0000-0003-0383-7132

Mykhalchenkova O. Y. — Senior Researcher of Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03680; +38 (044) 521-09-81; eem@uinter.kiev.ua; ORCID: 0000-0001-7784-9668

О. М. РЕВА, д-р техн. наук, проф.

В. В. КАМИШИН, д-р пед. наук, с. н. с., чл.-кор. НАПН України

К. В. КИРИЧЕНКО, канд. техн. наук

С. В. ЯРОЦЬКИЙ

Л. А. САГАНОВСЬКА

ФОРМУВАННЯ СПЕКТРА СИСТЕМО-ІНФОМАЦІЙНИХ КРИТЕРІЇВ УЗГОДЖЕНОСТІ ЕКСПЕРТНИХ ДУМОК

Резюме. Стаття присвячена розвитку системно-інформаційної методології встановлення узгодженості експертних думок, що узагальнюються. Адже в процесі проведення будь-яких досліджень, у яких виявляється експертна інформація, може виникнути парадоксальна ситуація, коли показник узагальненої групової думки, отриманий, спираючись на “ефект групової нормалізації”, реально визначений, але немає жодної індивідуальної думки, що з ним би збігалася. Причому в контексті цієї публікації йдеться про узгодженість групових систем переваг фахівців. Під системою переваг розумітимемо упорядкований ряд показників, характеристик професійної діяльності чи об’єктів експертизи: від більш до менш прийнятої (важливої, вагомої тощо). І зрозуміло, що неузгодженість думок виникає саме під час агрегації індивідуальних систем переваг у групу. Визначено, що узгодженість групових думок має перевірятися за такими напрямками: 1) по кожній окремій альтернативі, що упорядковується. Напрямою доцільно реалізувати після впровадження в практику експертних досліджень α -методології та диференціального методу встановлення частини сумарної значущості порівнюваних альтернатив; 2) збігу / не збігу індивідуальних систем переваг членів групи; 3) інтегрально — за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла; 4) комплексно. З огляду на досвід застосування багатокрокової технології виявлення та відсіювання маргінальних думок, усунення “систематичної похибки того, хто вижив”, а також побудови “еталонної” групової системи переваг, було сформульовано комплекс відомих і нових системно-інформаційних критеріїв узгодженості думок експертів. Ідеться про вимоги до: вірогідності коефіцієнта конкордації Кендалла, що перевіряється за допомогою статистичного критерію перевірки гіпотез “хі-квадрат”, та його мінімально прийнятного значення, що має дорівнювати $W \geq 0,7$; необхідності статистично-вірогідного збігу всіх індивідуальних систем переваг із груповою думкою в остаточній груповій системі переваг; необхідності збігу індивідуальної системи переваг із більшістю думок членів групи тощо. Причому останні два критерії реалізуються, спираючись на коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, а їх достовірність перевіряється за допомогою t -критерію перевірки гіпотез Стюдента. Наведено відомості про ефективність зазначених критеріїв.

Ключові слова: експертні технології, системи переваг, узагальнення думок, системно-інформаційні критерії.

ВСТУП

Будь-яку діяльність, зокрема й експертну, нескладно уявити як безперервний ланцюг рішень, що виробляються та реалізуються у явній / неявній формах і під впливом багатьох різноманітних чинників: зовнішніх / внутрішніх, об’єктивних / суб’єктивних, особливо ризиків стохастичної і не стохастичної природи [1–5 та ін.].

Причому під прийняттям рішення (ПР), спираючись на праці [1; 3; 4; 6 та ін.], розумітимемо цілеспрямований акт емоційно-вольового вибору однієї стратегії, альтернативи, наслідку, показника чи характеристики тощо з декількох шляхом перетворення вихідної інформації, коли проблемна ситуація невизначена.

У наведеній дефініції “ПР” головний акцент робиться не на добре відомій технології і про-

цедурі формально-обчислювального характеру [7–10 та ін.], а саме на: прояві людського чинника (ЛЧ) [11–16 та ін.], особливості впливу якого на ПР і мають бути обов’язково враховані в організації процесу збору, сприйняття та обробки експертної інформації.

Завдяки унікальному особистісному досвіду людини, яка ПР (ЛПР), індивідуальний вибір може бути оптимальним, оскільки в загальному випадку він позбавлений багатьох процедурних проблем, є більш оперативним і персоналізованим стосовно групових рішень. Однак, у складних проблемних ситуаціях (соціального, психологічного, соціально-психологічного характеру тощо) діяльності ЛПР “традиційно” доцільним стає звернення до групових рішень, хоча й вони мають певні недоліки (**табл. 1**) [8; 11; 17–19 та ін.].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика позитивів / негативів прийняття групових рішень (не ранжуючи)

Позитиви групових рішень	Негативи групових рішень
Збільшується і розширюється спектр перспективних альтернатив, що виробляються в процесі аналізу проблемної ситуації	Витрачається більше часових і матеріальних ресурсів стосовно індивідуальних рішень
Груповий досвід і знання зазвичай більше індивідуального	“Дифузія” відповідальності за прийняте рішення
Прийняте рішення сприймається як своє “рідне”, а не нав’язане ззовні, тому ліпше реалізується	Домінантна роль “диктатора” (формального / неформального) лідера групи, що зумовлює примус і тиск, а також побоювання “соціального покарання” за особисту думку
Здійснюється більш оптимальний вибір	Зрушення рівня ризику та групові деформації
Застосовується і переробляється значно більший обсяг інформації, що всебічно характеризує розв’язувану проблемну ситуацію	Збільшуються шанси прийняття компромісних рішень, що неповною мірою відповідають меті розв’язання проблемної ситуації
У процесі обговорення проблемної ситуації в групі зміцнюються комунікативні зв’язки між її членами	“Феномен групової поляризації”, коли члени групи з поміркованою, зваженою позицією вважаються другорядними, а групову думку формують представники крайніх (“поляризованих”) думок
Груповий спосіб прийняття рішень вважається більш демократичним	“Ефект групової нормалізації”, навпаки, показує, що група відкидає крайні (“поляризовані”) рішення і орієнтується на деяке “середнє (поміроковане)” з індивідуальних тощо
Можливість проведення мозкового штурму (brainstorm) тощо	

Зауважимо, що вироблення групового рішення в обов’язковому порядку пов’язане з визначенням його узгодженості. Річ у тім, що може виникнути парадоксальна ситуація, коли групове рішення існує і навіть має певний кількісний показник, однак при цьому не існує жодної індивідуальної думки, агрегованої в групову, що з ним збігалася б (рис. 1).

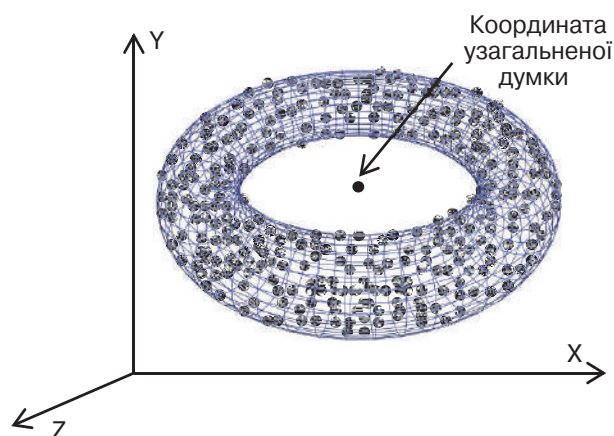


Рис. 1. Гіпотетичне уявлення різноманітності думок експертів у просторі середовища

Приклад на рис. 1 наочно ілюструє гіпотетичну ситуацію, коли множина всіх експертних думок щодо певної проблеми створює в просторі середовища з визначеними координатами деякий “бублик” (тороїд), на якому “зернятка” — суть індивідуальні думки-рішення з певними кількісними показниками (координатами). Тоді проста агрегація індивідуальних думок згідно з “ефектом групової нормалізації” (табл. 1) дасть координати узагальної групової думки, а саме середину “дірки від бублика”, що є нісенітницею.

Таким чином, дослідження технології отримання групового рішення, а отже, і оцінювання ступеня його узгодженості, є актуальною науково-практичною задачею.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У контексті наших досліджень розглядатимемо технології ПР через побудову індивідуальних та групових систем переваг (СП). Спираючись на праці [3; 4; 11; 16; 20–24 та ін.], під СП розумітимемо упорядкований ряд досліджуваних показників, характеристик певних об’єктів чи процесів, альтернатив чи стратегій ПР тощо: від більш до менш прийнятних, вагомих, значущих тощо.

З аналізу способів встановлення індивідуальних СП (ІСП) випливає, що більш популярний з них — це метод парного порівняння та нормативного визначення частини сумарної значущості в кожній парі альтернатив, що зіставляються. Водночас агрегація ІСП у групову здійснюється за допомогою стратегій групових рішень, з-поміж яких більш популярною є стратегія підсумовування та усереднення рангів [3; 4; 11; 16; 20–24 та ін.], що дублює застосування класичного критерію ПР Байєса–Лапласа [3; 4; 11; 22; 25–27 та ін.] і базується на вже згаданому “ефекті групової нормалізації”. Тому знову виникає проблема встановлення узгодженості думок.

Уявімо, що експертна група, чисельністю m осіб, упорядкувала n альтернатив. Причому стосовно якоїсь i -ї альтернативи думки групи поляризувалися: члени однієї половини групи, чисельністю $m/2$ осіб, віддали цій альтернативі абсолютну перевагу в ІСП з найвищим рангом “1”. Тоді як члени іншої половини групи, також чисельністю $m/2$ осіб, навпаки, вважають її найгіршою серед усього спектра упорядкованих альтернатив, тому надали їй найгірший ранг “ n ”, що наочно проілюстровано на **рис. 2** [4; 22].

З рис. 2 стає зрозуміло, що, попри обчислений середній ранг певної i -ї упорядкованої в деякій віртуальній ГСП альтернативи, не існує жодної індивідуальної думки, яка б співпала з цим рангом, що в такому випадку є абсолютно неінформативним.

Наведені міркування на додаток до аналізу ситуації, поданої на **рис. 1**, ще раз ілюструють нагальну необхідність встановлювати узгодженість думок експертів у ГСП.з.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Відповідно до аналізу праць [4; 20–22; 28 та ін.], можливим уявляється визначення таких підходів до встановлення узгодженості ГСП.

1. Оцінювання ступеня узгодженості думок щодо окремих альтернатив. Якщо індивідуальні думки будуть узгоджені стосовно значущості кожної окремої упорядкованої альтернативи, то вважатиметься, що є узгодженою загалом і ГСП.

Для реалізації зазначеного підходу, спираючись на ІСП, необхідно обчислити ряд статистичних показників і встановити розподіл рангів за кожною ранжованою альтернативою. Якщо виявиться, що цей розподіл — нормальний, то вважатиметься, що більшість (68 %) думок експертів групується біля середнього значення: $\bar{r}_i \pm \sigma_i$, а суперечливі думки становлять безумовну меншість [20; 29–31 та ін.].

Зауважимо, що ранги досліджуваних альтернатив встановлюються в шкалі упорядкован-

ня, у якій над якісними вимірами-рангами можна робити обмежені математичні перетворення [4; 20; 22; 32–34 та ін.]. Наприклад, спираючись на ранги, можна лише стверджувати, що одна з альтернатив є більш вагомою перед іншою, причому дозволяється цю “вагомість” визначати як різницю в рангових місцях, або ж порівнювані альтернативи адекватні за вагомістю, оскільки співпадають їх рангові місця. Однак неможливо стверджувати, у скільки разів одна альтернатива є більш / менш значущою за іншу.

Отже, для проведення бажаних статистичних обчислень варто дефазифікувати якісні рангові оцінки альтернатив [3; 4; 22; 35–40 та ін.], тобто здійснити перехід до відповідних нормованих коефіцієнтів “ваги” рангів цих альтернатив:

$$r_{A_i} \Rightarrow \alpha_{A_i}, \quad 0 \leq \alpha_{A_i} \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_{A_i} = 1, \quad (1)$$

де $\alpha_j(A_i)$ — нормований коефіцієнт значущості i -ї альтернативи в ІСП j -го експерта.

Оскільки вагові коефіцієнти альтернатив визначаються в абсолютній, унікальній за кваліметричними властивостями шкалі, то знімаються будь-які обмеження на їх математичну обробку. І якщо умову (1) дійсно виконано, то обчислюються і аналізуються відомі статистичні показники: середнє значення $\bar{\alpha}_{A_i}$, дисперсія D_{A_i} ; середнє квадратичне відхилення σ_{A_i} ; асиметрія As_{A_i} , ексцес Ex_{A_i} , коефіцієнт варіації v_{A_i} . Якщо при цьому виконується умова:

$$v_{A_i} \leq 33\%, \quad (2)$$

то можна вважати справедливим припущення щодо нормального розподілу експериментальних даних без застосування більш складних процедур перевірки гіпотез за допомогою



Рис. 2. Ілюстрація небезпеки простого усереднення суперечливих суджень експертів про важливість упорядкованої альтернативи

λ -критерію Колмогорова–Смірнова або критерію χ^2 (хі-квадрат) Пірсона [4; 20; 21; 29–31 та ін.].

Зауважимо, що здійснення дефазифікації рангів досліджуваних альтернатив, відповідно до виразу (1), — суть розроблюваної і впроваджуваної авторами так званої α -методології [3; 4; 22; 35–42 та ін.], що ґрунтується на застосуванні методу розстановки пріоритетів (МРП) [43; 44 та ін.] і сприяє практичній реалізації виразу (1).

Для застосування МРП досліджувана ІСП чи ГСП експертів розбиваються на парні порівняння альтернатив, що подаються у вигляді матриці $C = \|c_{ij}\|$, званої також матрицею особистих векторів Уея [28; 45; 46 та ін.]:

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1i} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2i} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{i1} & c_{i2} & \dots & c_{ii} & \dots & c_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{ni} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Значення елемента матриці c_{ij} визначається таким чином [20; 21; 28; 44; 45; 47–49 та ін.]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1+z & \text{— факт переваги } A_i \succ A_j \\ 1 & \text{— факт рівноцінності } A_i \approx A_j, \\ 1-z & \text{— факт переваги } A_j \succ A_i \end{cases} \quad (4)$$

де z — кількісний показник ступеня пріоритету; c_{ij} — кількісний показник ступеня значущості альтернативи A_i в порівнянні з A_j .

У більшості випадків для зручності отримання практично застосовуваних показників c_{ij} приймається, що $z=1$, тоді вираз (4) перетворюється на такий:

$$c_{ij} = \begin{cases} 2 & \text{— факт переваги } A_i \succ A_j \\ 1 & \text{— факт рівноцінності } A_i \approx A_j, \\ 0 & \text{— факт переваги } A_j \succ A_i \end{cases} \quad (5)$$

що й застосовується в МРП.

Однак принциповим є те, що вираз (5) базується на “нормативному” встановленні частини сумарної “цінності (значущості, вагомості тощо)” для кожної з порівнюваних у парах альтернатив, що не обґрунтовано нічим, окрім (ще раз зауважимо) “зручності” перетворення виразу (4). Тому, попри універсальність, зазначена “нормативність” дещо “загрубує” відповідні оцінки.

Вираз (5) нібито є прийнятним для порівняння будь-яких альтернатив з одного кластеру (фруктів, марок автомобілів, рис інвестиційної привабливості об’єктів експертизи чи характер-

них рис недисциплінованості, навчальних дисциплін за складністю тощо) і, дійсно, застосовується з зазначеною метою.

Водночас результати дослідження порівняльної небезпеки характерних помилок авіадиспетчерів, яких вони припускаються в професійній діяльності, за допомогою “диференціального” методу визначення частини сумарної “цінності” для кожної з пари порівнюваних альтернатив переконливо вказують на необхідність більш обережного ставлення до визначення показника c_{ij} в застосуванні МРП [50–52]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1,68 & \text{— факт переваги небезпеки помилки } P_i \\ & \text{перед помилкою } P_j : P_i \succ P_j \\ 1 & \text{— факт рівноцінності помилок} \\ & \text{за небезпечкою } P_i \approx P_j \\ 0,32 & \text{— факт переваги небезпеки помилки } P_j \\ & \text{перед помилкою } P_i : P_j \succ P_i \end{cases}. \quad (6)$$

Застосування “диференціального” методу починається на етапі побудови ІСП, де показник c_{ij} визначається таким чином [50–52]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 51-100 & \text{— факт переваги } A_i \succ A_j \\ 50 & \text{— факт рівноцінності } A_i \approx A_j, \\ 0-49 & \text{— факт переваги } A_j \succ A_i \end{cases}. \quad (7)$$

Далі встановлюються межі зміни ступеня значущості в оцінюваних альтернативах, що фіксуються як відношення крайніх членів упорядкованого спектра альтернатив [20; 21; 28; 44 та ін.]:

$$\frac{C(A_i^{max})}{C(A_j^{min})} = K_p, \quad (8)$$

де $C(A_i^{max})$, $C(A_j^{min})$ показники альтернатив відповідно до максимальної і мінімальної оцінки експертами їх сумарної “цінності”:

$$C(A_i^{max}) = \max_i \sum_{j=1}^m c_{ij}; \quad C(A_i^{min}) = \min_i \sum_{j=1}^m c_{ij}. \quad (9)$$

де, K_p — розрахунковий коефіцієнт.

За знайденими значеннями K_p знаходять шукані показники z [20; 21; 28; 44 та ін.]:

$$z = \left(\frac{K_p - 1}{K_p + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{n}} \right), \quad (10)$$

де n кількість ранжованих альтернатив.

Зауважимо, що введення “диференціального” способу виявлення частини сумарної “цінності” виду (7) для кожної з пари порівнюваних альтернатив на відміну від рангів дозволяє застосовувати вирази (8), (10) без порушень

відповідних кваліметричних вимог. Причому варто також вказати й на більш “тонкий” вимір ставлення експертів до значущості ранжованих альтернатив.

З іншого боку, хоча українська наука й має пріоритет у розробці та застосуванні зазначеного “диференціального” способу, практично його розвиває невелика когорта вчених, представників наукової школи одного зі співавторів цієї публікації. Тому реалізація розглянутого підходу до оцінювання узгодженості думок експертів стосовно кожної окремої ранжованої альтернативи недоцільно без широкого впровадження в практику експертних досліджень α -методології та “диференціального” методу встановлення частини сумарної значущості альтернатив.

2. Застосування коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (КРКС) [3; 4; 16; 20; 21; 28; 49; 53 та ін.]. ІСП усіх випробуваних експертів порівнюються поміж собою і з ГСП згідно з формулою:

$$R_S = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (r_{ij} - r_{ik})^2}{n^3 - n}, \quad (11)$$

де r_{ij} , r_{ik} ранги значущості i -ї альтернативи в ІСП відповідно j -го і k -го експерта; кількість альтернатив, що упорядковуються в ІСП.

Коефіцієнт R_S змінюється в межах $[-1, +1]$. Його високе позитивне значення свідчить про більший ступінь збігу суджень експертів про значущість ранжованих альтернатив, а негативне — про незбіг думок.

Позитивний висновок про статистично-вірогідну близькість порівнюваних СП, робиться, якщо виконується умова:

$$t_{emp.} = R_S \sqrt{\frac{n-2}{1-R_S^2}} \gg t_{табл.}, \quad (12)$$

де $t_{emp.}$ — значення змінної Стюдента, знайдене, спираючись на отримане емпіричне значення КРКС R_S ; $t_{табл.} = t_{k=n-2, \alpha}$ — теоретичне значення змінної Стюдента, встановлене зі спеціальної таблиці, враховуючи кількість ступенів свободи $k = n - 2$ і рівень значущості α [30].

Якщо буде встановлено, що КРКС R_S , обчислені при порівнянні ІСП усіх випробуваних експертів, будуть статистично вірогідними, тобто виконується умова (12):

$$\begin{cases} \forall ICP_j, j = \overline{1, m}, k = \overline{1, m-1}, j \neq k : \\ R_S (ICP_j - ICP_k) > R_S^{min} \end{cases}, \quad (13)$$

то можна вважати узгодженою й ГСП.

Можна було б також ввести вимогу, що враховує усереднений показник збігу ІСП з ГСП:

$$\begin{cases} \forall ICP_j, j = \overline{1, m} \\ \bar{R}_S (ICP_j - ГСП) > R_S^{min} \end{cases}. \quad (14)$$

Однак, застосування критерію (14) без додаткових умов та обмежень може сприяти появі хибної риси “ефекту групової нормалізації”, ілюстрованої **рис. 1 і 2**.

Проведені авторами дослідження з застосування багатокрокової технології виявлення та відсіювання маргінальних думок, усунення “систематичної похибки того, хто вижив”, а також побудови “еталонної” ГСП [4; 16; 22; 53–55 та ін.], вимагають більшої “гнучкості” та досконалості зазначених вимог (13) щодо обов’язкового збігу всіх порівнюваних ІСП, або отримання прийнятного середнього значення збігу ІСП з ГСП згідно з виразом (14).

Перетворюючи формулу (12), вирішимо зворотну задачу, з’ясувавши, яким має бути мінімальне прийнятне статистично-вірогідне значення коефіцієнта R_S^{min} :

$$R_{S min} > \sqrt{\frac{t_{table}^2}{(n-2) + t_{table}^2}} \quad (15)$$

що є остаточним критерієм позитивного висновку про статистичну вірогідність емпіричних значень КРКС R_S .

3. Застосування коефіцієнта множинної рангової кореляції — коефіцієнта конкордації (згоди) Кендалла (КЗК) [3; 4; 20–22; 49 та ін.]. Цей коефіцієнт дає змогу отримати узагальнену (інтегральну) оцінку ступеня узгодженості думок експертів у ГСП і обчислюється за такою відомою формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m R_j}, \quad (16)$$

де

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \bar{r} \right)^2, \quad (17)$$

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}, \quad (18)$$

де R_j — показник нерозрізненості значущості альтернатив в ІСП j -го експерта.

$$R_j = \sum_i (r_{ij}^3 - r_j). \quad (19)$$

Коефіцієнт конкордації змінюється в границях $W = [0, 1]$. Велике його значення свідчить про високий рівень узгодженості думок у ГСП.

Незалежно від величини отриманого емпіричного значення КЗК, його достовірність підтверджується за умов виконання такої статистичної гіпотези [3; 4; 20–22; 28; 30; 49 та ін.]:

$$\chi_{emp.}^2 = \frac{12 \cdot S}{(n+1) \cdot m \cdot n - \frac{1}{(n-1)} \sum_j R_j} \gg \chi_{\alpha; k}^2, \quad (20)$$

де $\chi^2_{\alpha; k}$ — табличне значення змінної “хі-квадрат” з $k = m - 1$ ступенями свободи на рівні значущості α , що визначається зі спеціальної таблиці.

Однак, якщо отримане емпіричне значення КЗК виявиться статистично вірогідним, тобто буде виконуватися критерій (20), то необхідно ще врахувати й обмеження на його абсолютну величину [45]:

$$W \geq 0,7 \dots, 0,8. \quad (21)$$

Тобто, ідеться про вимогу одночасного задоволення критеріїв (20) і (21).

4. Комплексний підхід до встановлення узгодженості ГСП охоплює критерії з усіх інших підходів, що були розглянуті, чи можуть бути додатково розроблені, а також дозволяє всебічно дослідити відповідну проблему. Тому будемо вважати, що позитивний висновок щодо дійсної узгодженості ГСП робиться лише за умов, що дійсно виконуються всі критерії.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Отже, згідно з проведеним аналізом наявних підходів до встановлення узгодженості ГСП, **метою** цієї публікації є розроблення нових системно-інформаційних критеріїв, що разом з існуючими дозволять більш ґрунтовно, повно і всебічно визначити зазначену узгодженість.

РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ КРИТЕРІЇВ УЗГОДЖЕНОСТІ ГСП

Під час аналізу другого підходу до встановлення ступеня узгодженості ГСП нами було висунуто припущення щодо необхідності розроблен-

ня більш “гнучких” і досконалих стосовно (13), (14) критеріїв застосування КРКС. Дійсно, вимога (13) щодо статистично вірогідного збігу ІСП між собою для всіх членів експертної групи, фактично нівелює індивідуальний досвід респондентів і не враховує їхнє ставлення до ГСП, що має бути усунено з урахуванням досвіду досліджень [53]. Водночас, як зауважувалося вище, застосування критерію (14) може сприяти виникненню хибних рис “ефекту групової нормалізації”.

Уявимо, що на якійсь ітерації багатокрокового алгоритму виявлення та відсіювання маргінальних думок та усунення “систематичної похибки того, хто вижив” [3; 4; 22; 53; 54 та ін.] з вихідної вибірки респондентів, чисельністю m осіб, вдалося виокремити підгрупу, чисельністю m_k осіб, для якої виконуються критерії (20), (21).

У такому разі нові критерії узгодженості ГСП мають формулюватися, виходячи з таких міркувань.

По-перше, вимагатимемо, щоби ІСП кожного члена підгрупи m_k статистично вірогідно збігалася б з ГСП цієї підгрупи, що можна формально подати так:

$$\begin{cases} \forall ICP_j, j = \overline{1, m_k} \\ R_S(ICP_j, ГСП_{m_k}) > R_S^{min} \end{cases} \quad (22)$$

По-друге, якщо p — це кількість членів підгрупи m_k , з якими у j -го експерта статистично вірогідно збігаються думки (ІСП) щодо значущості упорядкованих альтернатив, то вона має перевищувати кількість представників цієї ж підгрупи q , з якими немає зазначеного збігу:

$$p(R_S(ICP_j, ICP_l) > R_{Smin}) > q(R_S(ICP_j, ICP_l) < R_{Smin}). \quad (23)$$

$$j = \overline{1, m_p}, \quad i \neq l \quad j = \overline{(m_p + 1), m_k}, \quad i \neq l$$

Відомі критерії узгодженості ГСП, що було розглянуто, а також нові, розроблені нами, було застосовано в процесі реалізації багатокрокового алгоритму виявлення і відсіювання маргінальних думок у групі, чисельністю $m = 90$ фахівців у ставленні до значущості $n = 18$ характерних рис інвестиційної привабливості (РІП) об’єктів експертизи (ОЕ), а також усунення “систематичної похибки того, хто вижив”.

Відповідні дані, наведені в **табл. 2** і вказують на логічність, доцільність і ефективність застосування комплексного підходу до встановлення шуканої узгодженості ГСП, а отже, і застосування саме всього спектра критеріїв зазначеної узгодженості.

3 табл. 2 (графи 4–6) бачимо, що для всіх ітерацій застосування зазначеної багатокрокової технології виявлення та відсіювання маргі-

нальних думок експертів виконується критерій (20), що відображає природну вимогу щодо статистичної вірогідності отриманого емпіричного значення КЗК.

Разом із тим, досягнення умов критерію (21) дійсно вимагало додаткових ітерацій з виявленням та відсіюванням маргінальних думок.

Бачимо також, що після другої ітерації, коли з основної групи випробуваних, чисельністю $m = 90$ осіб, було виокремлено підгрупу m_B , чисельністю $m_B = 47$ осіб, отримані статистичні показники узгодженості нібито задовольняють спектра відповідних критеріїв: КЗК є статистично вірогідним (графи 4–6 **табл. 2**) і за абсолютною величиною задовольняє критерію (21): $W_{m_B} = 0,7015 > W_{min} = 0,7$. А всереднені показники збігу ІСП поміж собою та з ГСП також більші за мінімально прийнятне значення КРКС (графи 7, 8 **табл. 2**).

Таблиця 2

Результати застосування критеріїв узгодженості групових систем переваг у процесах виявлення і відсіювання маргінальних думок експертів для усунення «систематичної похибки того, хто вижив» у ставленні фахівців до значущості рис інвестиційної привабливості об'єктів експертизи

№	m_k	W	$\chi^2_{emp.}$	$\{>, <, =\}$	$\chi^2_{\alpha=1\%, k=m-1}$	$\bar{R}_S(GCP_{m_k}, ICP_j)$	$\bar{R}_S(ICP_j, ICP_l)$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$m=90$	0,4772	730,059	>>	127,11	0,6640	0,4685
2	$m_A=69$	0,6423	753,406	>>	101,78	0,7714	0,6355
3	$m_B=47$	0,7015	560,462	>>	74,44	0,8064	0,6932
4	$m_C=30$	0,7683	390,944	>>	52,34	0,8432	0,7593
5	$m_D=60$	0,3744	381,886	>>	90,72	0,5743	0,3623
6	$m_E=46$	0,5749	449,557	>>	73,17	0,6909	0,5371
7	$m_F=34$	0,6090	352,003	>>	57,65	0,7134	0,5953
8	$m_G=21$	0,6909	248,480	>>	40	0,7042	0,6784
9	$m_H=12$	0,8289	169,089	>>	26,76	0,7405	0,8112
10	$m_I=48$	0,3197	250,846	>>	75,7	0,5328	0,3037
11	$m_J=35$	0,5108	303,929	>>	58,96	0,6686	0,4948
12	$m_K=24$	0,5751	218,504	>>	44,18	0,6869	0,5540
13	$m_L=17$	0,6507	188,060	>>	34,27	0,7174	0,6249
14	$m_M=11$	0,7361	139,059	>>	25,19	0,7389	0,7026
15	$m_N=37$	0,2537	159,552	>>	61,58	0,4715	0,2320
16	$m_O=24$	0,4597	187,550	>>	44,18	0,6363	0,4360
17	$m_P=18$	0,4938	151,103	>>	35,72	0,6640	0,4636
18	$m_Q=14$	0,5500	130,899	>>	29,82	0,6854	0,5154
19	$m_R=9$	0,6270	95,938	>>	21,95	0,7050	0,5804
20	$m_S=7$	0,6964	82,875	>>	18,55	0,7260	0,6453
21	$m_T=6$	0,7077	72,189	>>	16,75	0,7341	0,6490
22	$m_U=31$	0,2259	119,059	>>	53,67	0,4207	0,1991
23	$m_V=20$	0,4218	143,411	>>	38,58	0,5734	0,3912
24	$m_W=13$	0,5057	111,757	>>	28,29	0,6196	0,4667
25	$m_X=9$	0,6021	92,120	>>	21,95	0,6203	0,5470

Примітка: $R_{S \min}$ для числа ступенів свободи $k = n - 2 = 16$ і на рівні значущості $\alpha = 1\%$.

Однак для запобігання вад “ефекту групової нормалізації” звернемося до більш досконалих критеріїв (22), (23).

Серед членів підгрупи m_B було виявлено особу (експерт з умовною позначкою E_{55}), у якій думки щодо значущості характерних РІП (ХРІП) ОЕ не збігаються з більшістю (68,09 %) членів групи, тобто не виконується критерій (23). При цьому ще в 11-х членів підгрупи m_B (експерти $E_4, E_{23}, E_{24}, E_{27}, E_{28}, E_{35}, E_{42}, E_{53}, E_{85}, E_{86}, E_{88}$) показник не збігу думок з іншими членами цієї підгрупи помітний (не менше третини) і становить у середньому 38,68 %.

Наведене стало підставою для додаткової ітерації технології виявлення й усунення маргінальних думок і виокремлення з групи m_B нової підгрупи m_C , чисельністю $m_C = 30$ осіб, для яких показники узгодженості повністю задовольняють спектр відповідних критеріїв (15), (20)–(23).

Усунення “систематичної похибки того, хто вижив”, відбувалося відповідно до накопиченого авторами досвіду з певних досліджень [3; 4; 16; 22; 54; 56 та ін.] і полягає в тому, що виокремивши з базової групи фахівців, залучених до випробувань, склад підгрупи $m_C = 30$, отримуємо нову підгрупу умовних “маргіналів”, чисельністю

$m_D = m - m_C = 60$ осіб, до яких було застосовано чергову ітерацію технології виявлення та відсіювання маргінальних думок.

Як бачимо з **табл. 2**, з вихідної вибірки, чисельністю $m = 90$ осіб, саме наведеним чином вдалося виокремити чотири підгрупи, з відповідною чисельністю: $m_C = 30$ осіб, $m_H = 12$ осіб, $m_M = 11$ осіб, $m_T = 6$ осіб, у яких внутрішньо групова узгодженість думок щодо значущості упорядкованих ХРІП ОЕ повністю задовольняє критеріям (15), (20)–(23).

Ітерації багатокрокової технології виявлення та відсіювання маргінальних думок та усунення “систематичної похибки того, хто вижив”, здійснюються, поки не будуть проаналізовані всі можливі варіанти редукування вихідної кількості експертів і виявлення підгруп з внутрішньо групою узгодженістю думок, що задовольняють критеріям (15), (20)–(23). Це і було зроблено після опрацювання ІСП експертів-членів підгрупи m_X . По-перше, тому, що не виконується критерій (21): $W_{m_X} = 0,6021 > W_{min} = 0,7$, а по-друге, для чотирьох (44,44 % від кількісного складу підгрупи m_X) випробуваних (експерти E_2 , E_{48} , E_{62} , E_{79}) не виконується критерій (22):

$$\begin{cases} R_S(ІСП_{E_2}, ГСП_{m_X}) = 0,5332 < R_{Smin} = 0,5897 \\ R_S(ІСП_{E_{48}}, ГСП_{m_X}) = 0,4762 < R_{Smin} = 0,5897 \\ R_S(ІСП_{E_{62}}, ГСП_{m_X}) = 0,4997 < R_{Smin} = 0,5897 \\ R_S(ІСП_{E_{79}}, ГСП_{m_X}) = 0,5883 < R_{Smin} = 0,5897 \end{cases}$$

По-третє, $2/3$ членів підгрупи m_X мають статистично вірогідний незбіг думок щодо значущості ХРІП ОЕ з більшістю цієї підгрупи (середній показник незбігу думок встановлює 72,23 %).

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи отримані та подані в цій публікації нові наукові результати з розширення методології експертних процедур, зокрема з формування спектра системно-інформаційних критеріїв визначення узгодженості ГСП, вкажемо на такі більш важливі положення (не ранжуючи).

1. Визначені підходи до оцінювання ступеня узгодженості думок експертів у ГСП, серед яких більш ефективним варто вважати “комплексний підхід”, що зорієнтований на застосування всіх критеріїв, відомих і розроблюваних, для реалізації інших підходів.

2. Обґрунтовано, що оскільки α -методологія експертних технологій і диференціальний метод розподілу сумарної значущості між порівнюваними в парі альтернативами ще не знайшли належного поширення в практиці експертних

досліджень, недоцільно визначати ступінь узгодженості думок щодо значущості окремих ранжованих альтернатив.

3. Сформований спектр з п'ятих системно-інформаційних критеріїв, які визначають узгодженість ГСП. Серед них два нових, що базуються на КРКС і визначають:

- обов'язковий статистично-вірогідний збіг ІСП і ГСП;
- вимогу щодо збігу окремої ІСП з більшістю думок інших членів групи.

Визначено, що позитивний щодо збігу думок у ГСП дається лише за умов одночасного задоволення всіх прийнятих критеріїв згоди.

4. Ефективність сформованого спектра критеріїв узгодженості ГСП перевірено під час реалізації технології виявлення та відсіювання маргінальних думок фахівців щодо значущості ХРІП ОЕ та усунення “систематичної похибки того, хто вижив”.

5. Таким чином, виходячи з наведеного, можна дійти узагальненого висновку щодо реального досягнення мети цієї публікації.

Подальші дослідження з розвитку експертних технологій і процедур автори бачать у (не ранжуючи):

- застосуванні “диференційного” методу для уточнення показника розподілу частини сумарної значущості між порівнюваними в парах альтернативами;
- встановлення чітких і нечітких ентропійних показників ступеня розрізнення значущості порівнюваних і ранжованих показників тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Перебудов Ф. И.* Введение в системный анализ: учеб. пособ. / Ф. И. Перебудов, Ф. П. Тарасенко. — М. : Высшая школа, 1989. — 367 с.
2. *Ходаков В. Е.* Вступ до комп'ютерних наук : навч. посіб. / В. Е. Ходаков, Н. В. Пилипенко, Н. А. Соколова ; за ред. В. Е. Ходакова. — Київ : Центр навчальної літератури, 2005. — 496 с.
3. *Рева О. М.* Рішення на кожному кроці і ... з посмішкою: посібник для допитливих / О. М. Рева. — Кіровоград : Поліграфічні послуги, 2007. — 308 с.
4. *Камишин В. В.* Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. — Київ : Інформ. сист., 2012. — 270 с.
5. *Кушлик-Дивульська О. І.* Основи теорії прийняття рішень / О. І. Кушлик-Дивульська, Б. Р. Кушлик. — Київ, 2014. — 94 с.
6. *Эдвардс У.* Принятие решений / У. Эдвардс // Человеческий фактор: в 6-ти т. — Т. 3. Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов. — Ч. I. — Модели психической деятельности. — М. : Мир, 1991. — С. 5–89.
7. *Мушик Э.* Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер ; пер. с нем. В. М. Ивановой. — М. : Мир, 1990. — 208 с.
8. *Эддоус М.* Методы принятия решений [пер. с англ.] / М. Эддоус, Р. Стенсфилд. — М. : Аудит, ЮНИТИ, 1997. — 590 с.

9. Волошин О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. — 2-ге вид., перероб. та допов. — Київ : Київ. ун-т, 2010. — 336 с.
10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : навч. посіб. / уклад. : І. Б. Гевко, О. Л. Ляшук, І. В. Луциків, У. М. Плекан, В. М. Клендій. — Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. — 276 с.
11. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова ; пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса. — М. : Прогресс, 1979. — 504 с.
12. Корнилова Т. В. Психология риска и принятия решений. — М. : Аспект Пресс, 2003. — 288 с.
13. Канеман Д. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Д. Канеман, П. Словик, А. Тверски; [пер. с англ.]. — Харьков : Гум. центр, 2005. — 632 с.
14. Рева О. М. Сучасні проблеми людського чинника в авіації : навч. посіб. / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін ; под ред. О. М. Рєви. — Київ : УкрІНТЕІ, 2018. — 124 с.
15. Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах : монографія / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, В. Д. Пархоменко, В. О. Липчанський ; за наук. ред. О. М. Рєви. — Київ : УкрІНТЕІ, 2019. — 166 с.
16. Обґрунтування напрямів вдосконалення експертних технологій в дослідженнях людського чинника / О. М. Рева, С. П. Борсук, С. В. Засанська, С. В. Яроцький // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT — 2021) : зб. матеріалів XIII Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 25–27 трав. 2021 р.). — Херсон : ХДМА, 2021. — С. 49–54.
17. Миркин Б. Г. Проблема группового выбора / Б. Г. Миркин. — М. : Наука, 1974. — 256 с.
18. Ковальчук О. С. Особливості прийняття управлінських рішень в умовах організаційного розвитку / О. С. Ковальчук // Актуальні проблеми психології: зб. наук. пр. Інституту психології ім. Г. С. Костюка НАПН України. — Київ : А.С.К., 2011. — Т. 1. Організаційна психологія. Економічна психологія. Соціальна психологія; за ред. С. Д. Максименка, Л. М. Карамушки. — 2011. — Вип. 30. — С. 168–174.
19. Сафонов Ю. М. Методи прийняття управлінських рішень : навч. посіб. / Ю. М. Сафонов, Н. В. Шандова, С. І. Масленніков. — Одеса : Прес-кур'єр, 2015. — 172 с.
20. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. — Т. 3 : Эффективность технических систем / под общ. ред.: В. Ф. Уткина, Ю. В. Крюкова. — М. : Машиностроение, 1988. — 328 с.
21. Самохвалов Ю. Я. Экспертное оценивание: Методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. — Київ : ДУИКТ, 2007. — 362 с.
22. Людський чинник: Методологія проактивної кваліметрії загроз помилок авіадиспетчерів : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, С. П. Борсук, А. М. Невиніцин, В. А. Шульгін ; за ред. О. М. Рєви. — Київ : УкрІНТЕІ, 2020. — 126 с.
23. Розвиток технологій проактивного встановлення систем переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. П. Борсук // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2020) : зб. наук. пр. XV Міжнар. наук. конф. (Залізний Порт, 25–29 трав. 2020 р.). — Херсон : ФОП Вишемирський В. С. — С. 140–142.
24. Яроцький С. В. Пілотна оцінка ставлення експертів до значущості характерних рис інноваційної привабливості об'єктів інтелектуальної власності / С. В. Яроцький // Авіаційно-космічна техніка та технологія. — 2021. — № 4. — С. 112–121. <https://doi.org/10.32620/aktt.2021.4sup2.15>.
25. Бірюков Ю. Ю. Класичні критерії прийняття рішень у визначенні групових переваг авіадиспетчерів на чинниках безпеки професійної діяльності / Ю. Ю. Бірюков // Авіаційно-космічна техніка і технологія. — 2011. — № 9. — С. 189–194.
26. Эмпирические модели оценки риска-неопределенности групповых систем предпочтений авиадиспетчеров / А. Н. Рева, Б. М. Мирзоев, Ш. Ш. Насиров, С. В. Недбай // Elmi məsələlər : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin. — 2012, iyul — sentyabr. — Т. 14, № 3. — С. 46–60.
27. Застосування класичних критеріїв прийняття рішень для визначення ризиків-невизначеності групових систем переваг авіадиспетчерів на небезпеках характерних помилок / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, С. П. Борсук, В. А. Шульгін // Наука, технології, інновації. — Київ : УкрІНТЕІ, 2020. — № 2 (14). — С. 57–64.
28. Герасимов Б. М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б. М. Герасимов, М. М. Дивизионюк, И. Ю. Субач. — Севастополь, 2004. — 320 с.
29. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. — М. : Наука, 1969. — 576 с.
30. Мюллер П. Таблицы по математической статистике / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. — М. : Финансы и статистика, 1982. — 278 с.
31. Бронштейн И. Н. Справочник по математике (для инженеров и учащихся вузов) / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев ; пер. с нем. ; под ред.: Г. Гроше, В. Циглера. — Лейпциг : Тойбнер ; М. : Наука, 1981. — 719 с.
32. Супес П. Основы теории измерений / П. Супес, Р. Зинес // Психологические измерения. — М. : Мир, 1967. — С. 9–110.
33. Циба В. Т. Основы теории кваліметрії : навч. посіб. / В. Т. Циба. — Київ : ІЗМН, 1997. — 160 с.
34. Геворкян Е. С. Основы кваліметрії: Конспект лекцій. — Харків : УкрДУЗТ, 2022. — 84 с.
35. Рева О. М. Застосування коефіцієнтів важливості альтернатив для встановлення маргінальності думок експертів / О. М. Рева, О. Б. Павлів // Формування ринкової економіки. — 2010. — Вип. 24. — С. 531–535.
36. Рева О. М. Кількісна і лінгвістична відповідність рівнів сформованості компетентності студентів / О. М. Рева, В. В. Камишин, О. В. Тімець // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія і практика. — 2010. — Вип. 14. — С. 88–101.
37. Рева О. М. Лінгвістично-статистичний підхід до формування відповідей респондентів на тестові завдання / О. М. Рева, Л. М. Макаренко, Р. П. Бідненко // Людський чинник у транспортних системах : матеріали II Міжнар. наук. конф. (ЛЧТС) (Київ, 2–3 черв. 2010 р.). — Київ, 2010. — С. 51–52.
38. Процедура фазифікації / дефазифікації балів шкал оцінювання / В. В. Камишин, О. М. Рева, Л. М. Макаренко, О. М. Медведченко // Електроніка та системи управління. — 2012. — № 3. — С. 53–62.
39. Дефазификация лингвистических показателей нежелательных событий для получения их интегративной оценки (на примере характерных

- ошибок авиадиспетчеров) / А. Н. Рева, Ш. Ш. Насиров, Б. М. Мирзоев, С. В. Недбай // XXIII Міжнар. конгрес двигуно-будівників : тези допов. (Коблево, 4–9 верес. 2018 р.). — Харків : Харк. авіац. ін-т, 2018. — С. 74.
40. Насиров Ш. Ш. Визначення коефіцієнтів важливості характерних помилок авиадиспетчерів в процесі управління повітряним рухом / Ш. Ш. Насиров // Авіаційно-космічна техніка і технологія. — 2011. — № 9. — С. 195–201.
 41. Апробація а-методу порівняння систем переваг (на прикладі порівняння систем переваг авиадиспетчерів на небезпеках характерних помилок) / О. М. Рева, С. П. Борсук, С. В. Засанська, С. В. Яроцький // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту — ISDMCI'2021 : матеріали Міжнар. наук. конф. (Залізний Порт, 24–28 трав. 2021 р.). — Херсон : ФОП Вишемирський В. С. — С. 63–64.
 42. α -Method of Air Traffic Controllers' Preference System Specification Over Typical Mistakes Severities. ICT with Intelligent Applications. Smart Innovation / O. Reva, V. Kamyshyn, S. Borsuk, A. Nevinitsyn; T. Senju, P. N. Mahalle, T. Perumal, A. Joshi (Eds.) // Systems and Technologies, 2022. — Vol. 248. — P. 679–685. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4177-0_68.
 43. Берж К. Теория графов и ее применение / К. Берж ; пер. с франц. — М. : ИЛ, 1962. — 320 с.
 44. Блумберг В. А. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов / В. А. Блумберг, В. Ф. Глушенко. — Л. : Лениздат, 1982. — 160 с.
 45. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. — Київ : МАКИС, 2007. — 336 с.
 46. Медиковський М. О. Дослідження ефективності методів визначення вагових коефіцієнтів важливості / М. О. Медиковський, О. Б. Шуневич // Вісник Хмельницького національного університету. — 2011. — № 5. — С. 176–182.
 47. Дэвид Г. Метод парных сравнений / Г. Дэвид ; пер. с англ. — М. : Статистика, 1978. — 144 с.
 48. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М. : Радио и связь, 1993. — 314 с.
 49. Рева О. М. Прийняття рішень шляхом виявлення системи пріоритетів (переваг) авіаспеціаліста : методичні вказівки з курсу “Основи теорії прийняття рішень” / О. М. Рева. — Кіровоград : ДЛАУ, 1997. — 18 с.
 50. Апробація диференціального підходу до визначення небезпек помилок авиадиспетчерів у професійній діяльності / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, В. А. Шульгін // Сучасні енергетичні установи на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТОО-2019 : матеріали 10-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 12–13 верес. 2019 р.) — Херсон : ХДМА, 2019. — С. 304–307.
 51. Диференціальний метод встановлення порівняльної небезпеки помилок авиадиспетчерів / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, В. А. Шульгін // Наука, технології, інновації. — 2019. — № 3 (11). — С. 70–82. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2019-3-08>.
 52. Застосування диференційного підходу до вдосконалення технології оцінювання небезпек помилок авиадиспетчерів / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, В. А. Шульгін // Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету (Одеса, квіт. 2021 р.). — Харків : Вид-во Іванченко І. С., 2021. — С. 401–411.
 53. Рева О. Системно-інформаційне обґрунтування критеріїв узгодженості систем переваг учасників освітньо-виховного процесу / О. Рева, В. Камишин // Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи. — 2022. — Вип. 1. — С. 70–78. [https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1\(28\)-70-78](https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1(28)-70-78).
 54. Багатокрокова процедура прийняття рішень щодо узгодженості групових систем переваг авиадиспетчерів / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, С. В. Радецька // Технічне регулювання, метрологія, інформаційні та транспортні технології : матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. (Одеса, 14–15 листоп. 2019 р.). — Одеса : ОДАТРА, 2019. — С. 147–152.
 55. Встановлення “еталонної” системи переваг авиадиспетчерів на спектрі характерних помилок / О. М. Рева, С. П. Борсук, С. О. Завгородній, Л. А. Сагановська, С. В. Засанська, Ш. Ш. Насиров // Проблеми сталого розвитку морського транспорту PSDMI-21: тези допов. Першої Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 3–5 листоп. 2021 р.). — Херсон : ХДМА, 2021. — С. 75–80.
 56. Рева О. М. Технологія усунення статистичної похибки “того, хто вижив”, визначенні у ставленні авиадиспетчерів до небезпек помилок / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. В. Камишин // Актуальні проблеми безпеки на транспорті, в енергетиці, інфраструктурі : зб. матеріалів I Міжнар. наук.-практ. конф. (Лазурне, 8–11 верес. 2021 р.). — Херсон : Морський інститут імені контрадмірала Ф. Ф. Ушакова, 2021. — С. 112–116.

REFERENCES

1. Peregudov, F. I., & Tarasenko, F. P. (1989). Vvedenie v sistemnyy analiz [Introduction to system analysis]. Moscow, 367 p. [in Russ.].
2. Khodakov, V. Ye., Pylypenko, N. V., & Sokolova, N. A. (2005). Vstup do kompiuternykh nauk [Introduction to computer science]. Kyiv, 496 p. [in Ukr.].
3. Reva, O. M. (2007). Rishennia na kozhnomu krotsi i ... z posmishkoju [Solutions at every step and ... with a smile: A guide for the curious]. Kirovohrad, 308 p. [in Ukr.].
4. Kamyshyn, V. V., & Reva, O. M. (2012). Metody systemnoho analizu u kvalimetrii navchalno-vykhovnoho protsesu [Methods of system analysis in the quality measurement of the educational process]. Kyiv, 270 p. [in Ukr.].
5. Kushlyk-Dyvulska, O. I., & Kushlyk, B. R. (2014). Osnovy teorii pryiniattia rishen [Basics of decision-making theory]. Kyiv, 94 p. [in Ukr.].
6. Edvards, U. (1991). Prinyatie reshenij. Chelovecheskij faktor [Making decisions. The human factor]. Moscow. Vol. 3, Part. I. P. 5–89. [in Russ.].
7. Mushik, E., & Myuller, P. (1990). Metody prinyatiya tekhnicheskikh reshenij [Methods of making technical decisions]. Moscow, 208 p. [in Russ.].
8. Eddous, M., & Stensfild, R. (1997). Metody prinyatiya reshenij [Decision-making methods]. Moscow, 590 p. [in Russ.].
9. Voloshyn, O. F., & Mashchenko, S. O. (2010). Modeli ta metody pryiniattia rishen [Decision-making models and methods]. Kyiv, 336 p. [in Ukr.].
10. Hevko, I. B., Liashuk, O. L., Lutsykyv, I. V., Plekan, U. M., & Klendii, V. M. (2021). Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia inzhenernykh rishen na STO ta ATP [Technical and economic substantiation of engineering solutions at service stations and ATP]. Ternopil, 276 p. [in Ukr.].

11. Kozeleckij, Y.; Biryukov, B. V. (Eds.), Minc, G. E., Porus, V. N. (Trans.) (1979). *Psichologicheskaya teoriya reshenij* [Psychological decision theory]. Moscow, 504 p. [in Russ.].
12. Kornilova, T. V. (2023). *Psihologiya riska i prinyatiya reshenij* [Psychology of risk and decision making]. Moscow, 288 p. [in Russ.].
13. Kaneman, D., Slovik, P., & Tverski, A. (2005). *Prinyatie reshenij v neopredelennosti: Pravila i predubezhdeniya* [Decision Making under Uncertainty: Rules and Bias]. Kharkiv, 632 p. [in Russ.].
14. Reva, O. M., Borsuk, S. P., & Shulhin, V. A. (2018). *Suchasni problemy liudskoho chynnyka v aviatsii* [Modern problems of the human factor in aviation]. Kyiv, 124 p. [in Ukr.].
15. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Kamyshyn, V. V., Shulhin, V. A., Parkhomenko, V. D., & Lypchanskyi, V. O. (2019). *Systemno-informatsiina metodolohiia proaktyvnoi kvalimetrii vplyvu liudskoho chynnyka na pryiniattia rishen v aeronavhatsiinykh systemakh* [System-informational methodology of proactive qualitative measurement of the influence of the human factor on decision-making in aeronautical systems]. Kyiv, 166 p. [in Ukr.].
16. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Zasanska, S. V., & Yartotskyi, S. V. (2021). *Obgruntuvannia napriamiv vdoskonalennia ekspertnykh tekhnolohii v doslidzhennakh liudskoho chynnyka* [Justification of directions for improvement of expert technologies in human factor research]. *Suchasni informatsiini ta innovatsiini tekhnolohii na transporti (MINNT – 2021)* [Modern information and innovative technologies in transport (MINNT – 2021)]. Kherson, P. 49–54. [in Ukr.].
17. Mirkin, B. G. (1974). *Problema gruppovogo vybora* [Group choice problem]. Moscow, 256 p. [in Russ.].
18. Kovalchuk, O. S. (2011). *Osoblyvosti pryiniattia upravlinskykh rishen v umovakh orhanizatsiinoho rozvytku* [Peculiarities of managerial decision-making in the conditions of organizational development]. *Aktualni problemy psykholohii* [Actual problems of psychology]. Vol. 1. 30, P. 168–174. [in Ukr.].
19. Safonov, Yu. M., Shandova, N. V., & Maslennikov, S. I. (2015). *Metody pryiniattia upravlinskykh rishen* [Methods of making managerial decisions]. Odesa, 172 p. [in Ukr.].
20. Utkin, V. F., & Kryuchkov, Y. V. (Eds.). (1988). *Nadezhnost i effektivnost v tekhnike* [Reliability and efficiency in technology]. Vol. 3. Moscow, 328 p. [in Russ.].
21. Samokhvalov, Yu. Ya., & Naumenko, Ye. M. (2007). *Ekspertnoe otsenivanie: Metodicheskiy aspekt* [Expert assessment: methodological aspect]. Kyiv, 362 p. [in Russ.].
22. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Borsuk, S. P., Nevynitsyn, A. M., & Shulhin, V. A. (2020). *Liudskiy chynnyk: Metodolohiia proaktyvnoi kvalimetrii zahroz pomylok aviadyspetcheriv* [Human factor: Methodology of proactive risk assessment of air traffic controllers error threats]. Kyiv, 126 p. [in Ukr.].
23. Reva, O. M., Nevynitsyn, A. M., Kamyshyn, V. V., Shulhin, V. A., & Borsuk, S. P. (2020). *Rozvytok tekhnolohii proaktyvnoho vstanovlennia system perevah aviady-spetcheriv na mnozhyni kharakternykh pomylok* [Development of the technology of proactive installation of air traffic control system advantages on a set of characteristic errors]. *Intelektualni systemy pryiniattia rishen i problemy obchysluvalnoho intelektu (ISDMCI2020)* [Intelligent decision-making systems and problems of computational intelligence (ISDMCI2020)]. Kherson, P. 140–142. [in Ukr.].
24. Iarotskyi, S. V. (2021). *Pilotna otsinka stavlennia ekspertiv do znachushchosti kharakternykh rys innovatsiinoi pryvabyvosti obektiv intelektualnoi vlasnosti* [Pilot assessment of the attitude of experts to the significance of the characteristic features of the innovative attractiveness of intellectual property objects]. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika ta tekhnolohiia* [Aerospace engineering and technology]. 4, 112–121. <https://doi.org/10.32620/aktt.2021.4sup2.15> [in Ukr.].
25. Biriukov, Yu. Yu. (2011). *Klasychni kryterii pryiniattia rishen u vyznachenni hrupovykh perevah aviadyspetcheriv na chynnykakh bezpeky profesiinoi diialnosti* [Classic criteria for decision-making in determining group preferences of air traffic controllers on factors of safety of professional activity]. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika ta tekhnolohiia* [Aerospace engineering and technology]. 9, 189–194. [in Ukr.].
26. Reva, A. N., Mirzoev, B. M., Nasirov, Sh. Sh., & Nedbay, S. V. (2012). *Empiricheskie modeli otsenki riska-neopredelennosti gruppovykh sistem predpochteniy aviadyspetcherov* [Empirical models for risk-uncertainty assessment of group preference systems for air traffic controllers]. *Elmi mæcmuæler : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*. 14 (3), 46–60. [in Russ.].
27. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Nevynitsyn, A. M., Borsuk, S. P., & Shulhin, V. A. (2020). *Zastosuvannia klasychnykh kryteriiv pryiniattia rishen dlia vyznachennia ryzykiv-nevyznachenosti hrupovykh system perevah aviadyspetcheriv na nebezpekakh kharakternykh pomylok* [The application of classical decision-making criteria for determining the risks-uncertainty of group systems of the advantages of air traffic controllers on the dangers of characteristic errors]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii* [Science, technology, innovation]. 2 (14), 57–64. [in Ukr.].
28. Gerasimov, B. M., Divizinyuk, M. M., & Subach, I. Yu. (2004). *Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy: proektirovanie, primeneniye, otsenka effektivnosti* [Decision support systems: design, application, performance evaluation]. Sevastopol, 320 p. [in Russ.].
29. Venttsel, Ye. S. (1969). *Teoriya veroyatnostey* [Probability theory]. Moscow, 576 p. [in Russ.].
30. Myullep, P., Noyman, P., & Shtopm, R. (1982). *Tablitsy po matematicheskoy statistike* [Mathematical statistics tables]. Moscow, 278 p. [in Russ.].
31. Bronshteyn, I. N., & Semendyaev, K. A.; Groshe G., Tsigler V. (Eds.) (1981). *Spravochnik po matematike (dlya inzhenerov i uchashchikhsya vuzov)* [Handbook of Mathematics (for engineers and university students)]. Moscow, 719 p. [in Russ.].
32. Supes, P., & Zines, R. (1967). *Osnovy teorii izmereniy* [Fundamentals of the theory of measurements]. *Psikhologicheskie izmereniya* [Psychological measurements]. Moscow, P. 9–110. [in Russ.].
33. Tsyba, V. T. (1997). *Osnovy teorii kvalimetrii* [Fundamentals of the theory of qualimetry]. Kyiv, 160 p.
34. Hevorkian, E. S. (2022). *Osnovy kvalimetrii* [Fundamentals of qualimetry]. Kharkiv, 84 p. [in Ukr.].
35. Reva, O. M., & Pavliv, O. B. (2010). *Zastosuvannia koefitsientiv vazhlyvosti alternatyv dlia vstanovlennia marhynalnosti dumok ekspertiv* [Application of coefficients of importance of alternatives to establish the marginality of experts opinions]. *Formuvannia rynkovoi ekonomiky* [Formation of market economy]. 24, 531–535. [in Ukr.].
36. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., & Timets, O. V. (2010). *Kilkisna i linhvistychna vidpovidnist rivniv sformovanosti kompetentnosti studentiv* [Quantitative and

- linguistic correspondence of the levels of formation of students competence]. *Navchannia i vykhovannia obdarovanoi dytyny: teoriia i praktyka* [Education and upbringing of a gifted child: theory and practice]. 14, 88–101. [in Ukr.].
37. Reva, O. M., Makarenko, L. M., & Bidnenko R. P. (2010). Linhvistychno-statystychnyi pidkhid do formuvannia vidpovidei respondentiv na testovi zavdannia [A linguistic-statistical approach to the formation of respondents answers to test tasks]. *Liudskyi chynnyk u transportnykh systemakh* [The human factor in transport systems]. Kyiv, P. 51–52. [in Ukr.].
 38. Kamyshyn, V. V., Reva, O. M., Makarenko, L. M., & Medvedenko, O. M. (2012). Protseura fazyfikatsii / defazyfikatsii baliv shkal otsiniuvannia [The procedure of fuzzification / defuzzification of scores of rating scales]. *Elektronika ta systemy upravlinnia* [Electronics and control systems]. 3, 53–62. [in Ukr.].
 39. Reva, A. N., Nasirov, Sh. Sh., Mirzoev, B. M., & Nedbay, S. V. (2018). Defazzifikatsiya lingvisticheskikh pokazateley nezhelatelnykh sobyitiy dlya polucheniya ikh integrativnoy otsenki (na primere kharakternykh oshibok aviadyspetcherov) [Defuzzification of linguistic indicators of undesirable events to obtain their integrative assessment (on the example of characteristic errors of air traffic controllers)]. *KhKhIII Mizhnar. kongres dvigunobudivnikiv* [XXIII International congress of engine builders]. Kharkiv, P. 74. [in Russ.].
 40. Nasyrov, Sh. Sh. (2011). Vyznachennia koefitsientiv vazhlyvosti kharakternykh pomylok aviadyspetcheriv v protsesi upravlinnia povitrianyum rukhom [Determination of coefficients of importance of characteristic errors of air traffic controllers in the process of air traffic control]. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika i tekhnolohiia* [Aviation and space engineering and technology]. 9, 195–201. [in Ukr.].
 41. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Zasanska, S. V., & Yartotskyi, S. V. (2021). Aprobatsiia α -metodu porivnannia system perevah (na prykladi porivniannia system perevah aviadyspetcheriv na nebezpekakh kharakternykh pomylok) [Approbation of the α -method of comparing advantage systems (on the example of comparing the advantage systems of air traffic controllers on the dangers of characteristic errors)]. *Intelektualni systemy pryiniattia rishen i problemy obchysliuvalnoho intelektu* [Intelligent decision-making systems and problems of computational intelligence]. Kherson, P. 63–64. [in Ukr.].
 42. Reva, O., Kamyshyn, V., Borsuk, S., & Nevynitsyn, A. (2022). α -Method of Air Traffic Controllers' Preference System Specification Over Typical Mistakes Severities. *ICT with Intelligent Applications. Smart Innovation, Systems and Technologies*, Vol 248. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4177-0_68.
 43. Berzh, K. (1962). Teoriya grafov i ee primeneniye [Graph Theory and Its Applications]. Moscow, 320 p. [in Russ.].
 44. Blyumberg, V. A., & Glushchenko, V. F. (1982). Kakoe reshenie luchshe? Metod rasstanovki prioritetov [What is the best solution? Prioritization Method]. Leningrad, 160 p. [in Russ.].
 45. Tarasov, V. A., Gerasimov, B. M., Levin, I. A., & Korneychuk, V. A. (2007). Intellektualnye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy: Teoriya, sintez, effektivnost [Intelligent Decision Support Systems: Theory, Synthesis, Efficiency]. Kyiv, 336 p. [in Russ.].
 46. Medykovskyi, M. O., & Shunevych, O. B. (2011). Doslidzhennia efektyvnosti metodiv vyznachennia vahovykh koefitsientiv vazhlyvosti [Research on the effectiveness of methods for determining weighting coefficients of importance]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu* [Bulletin of the Khmelnytskyi National University]. 5, 176–182. [in Ukr.].
 47. Devid, G. (1978). Metod parnykh sravneniy [Pairwise Comparison Method]. Moscow, 144 p. [in Russ.].
 48. Saati, T. (1993). *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Making decisions. Hierarchy Analysis Method]. Moscow, 314 p. [in Russ.].
 49. Reva, O. M. (1997). Pryiniattia rishen shliakhom vyavleniia systemy prioritytetiv (perevah) aviaspetsialista : metodychni vkazivky z kursu "Osnovy teorii pryiniattia rishen" [Making decisions by identifying the system of priorities (advantages) of an aviation specialist: methodological instructions from the course "Fundamentals of decision-making theory"]. Kirovohrad, 18 p. [in Ukr.].
 50. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Nevynitsyn, A. M., & Shulhin, V. A. (2019). Aprobatsiia dyferentsialnoho pidkhodu do vyznachennia nebezpek pomylok aviadyspetcheriv u profesiinii dialnosti [Approbation of the differential approach to determining the dangers of air traffic controllers errors in their professional activities]. *Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti, tekhnolohii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia SEUTTOO-2019* [Modern energy installations on transport, technologies and equipment for their maintenance SEUTTOO-2019]. Kherson, P. 304–307. [in Ukr.].
 51. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Nevynitsyn, A. M., & Shulhin, V. A. (2019). Dyferentsialnyi metod vstanovleniia porivniainoi nebezpeky pomylok aviadyspetcheriv [Differential method of establishing the comparative risk of air traffic controllers errors]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii* [Science, technology, innovation]. 3 (11), 70–82. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2019-3-08> [in Ukr.].
 52. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Kamyshyn, V. V., Nevynitsyn, A. M., & Shulhin, V. A. (2021). Zastosuvannia dyferentsiinoho pidkhodu do vdoskonalennia tekhnolohii otsiniuvannia nebezpek pomylok aviadyspetcheriv [The application of a differential approach to the improvement of the technology of evaluating the air traffic controllers errors]. *Materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. kafedry SEU i TE Odeskoho natsionalnoho morskoho universytetu* [Materials of the III International science and practice conf. Department of SEU and TE of Odessa National Maritime University]. Kharkiv, P. 401–411. [in Ukr.].
 53. Reva, O., & Kamyshyn, V. (2022). Systemno-informatsiine obgruntuvannia kryteriiv uzgodzhenosti system perevah uchasnykiv osvitho-vykhovnoho protsesu [System and information substantiation of the criteria of consistency of preference systems of participants in the educational process]. *Pedahohichni innovatsii: idei, realii, perspektyvy* [Pedagogical innovations: ideas, realities, perspectives]. 1, 70–78. [https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1\(28\)-70-78](https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1(28)-70-78) [in Ukr.].
 54. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Nevynitsyn, A. M., & Radetska, S. V. (2019). Bahatokrokovaya protseura pryiniattia rishen shchodo uzgodzhenosti hrupovykh system perevah aviadyspetcheriv [A multistep decisionmaking procedure regarding the consistency of group systems of air traffic controllers preferences]. *Tekhnichne rehuliuвання, metrolohiia, informatsiini ta transportni tekhnolohii* [Technical regulation, metrology, information and transport technologies]. Odesa, P. 147–152. [in Ukr.].
 55. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Zavhorodnii, S. O., Sah-anovska, L. A., Zasanska, S. V., & Nasirov, Sh. Sh. (2021). Vstanovleniia "etalonnoi" systemy perevah

aviadyspetcheriv na spektri kharakternykh pomylok [Establishing a "reference" system of preferences of air traffic controllers on the spectrum of characteristic errors]. *Problemy staloho rozvytku morskoho transportu PSDMI-21* [Problems of sustainable development of maritime transport PSDMI-21]. Kherson, P. 75–80. [in Ukr.].

56. Reva, O. M., Borsuk, S. P., & Kamyshyn, V. V. (2021). Tekhnolohiia usunennia statystychnoi pokhybky

"toho, khto vyzhyv", vyznachenni u stavlenni aviadyspetcheriv do nebezpek pomylok [The technology for eliminating the statistical error of the "survivor" in determining the attitude of air traffic controllers to the dangers of errors]. *Aktualni problemy bezpeky na transporti, v enerhetytsi, infrastrukturi* [Actual problems of safety in transport, energy, infrastructure]. Kherson, P. 112–116. [in Ukr.].

O. M. REVA, D. Sc. in Engineering, Professor

V. V. KAMYSHYN, D. Sc. in Pedagogy, Senior Researcher, Corresponding Member of the NAES of Ukraine

K. V. KYRYCHENKO, PhD in Engineering

S. V. YAROTSKYI

L. A. SAHANOVSKA

FORMATION OF A SPECTRUM OF SYSTEM-INFORMATION CRITERIA FOR THE CONSISTENCY OF EXPERT OPINIONS

Abstract. The article is devoted to the development of a system-information methodology for establishing the consistency of generalized expert opinions. After all, in the process of conducting any research in which expert information is revealed, a paradoxical situation may arise when the indicator of a generalized group opinion, usually obtained based on the "group normalization effect", is actually determined, but there is no individual opinion that would coincide with it. Moreover, in the context of this publication, we are talking about the consistency of group systems of specialists' advantages. Under the system of benefits, we mean an ordered series of indicators, characteristics of professional activity or objects of expertise: from more acceptable (important, significant, etc.) to less acceptable. And it is clear that the inconsistency of opinions arises precisely when individual preference systems are aggregated into a group one. It is determined that the consistency of group opinions should be checked in the following areas: 1) for each individual alternative, which is ordered. It is advisable to implement the direction after the introduction into practice of expert research — the methodology and the differential method for establishing a part of the total significance of the compared alternatives; 2) coincidence/non-coincidence of individual systems of preferences of group members; 3) integrally — using the Kendall concordance coefficient; 4) complex. Based on the experience of using a multi-step technology for identifying and screening out marginal thoughts, eliminating the "systematic error of the survivor", as well as building a "reference" group system of advantages, a set of known and new system-information criteria for the consistency of expert opinions is formulated. We are talking about the requirements for: the probability of the Kendall concordance coefficient, tested using the statistical criterion for testing hypotheses "xi-square", and its minimum acceptable value, which should be equal to $W \geq 0,7$; the need for statistically probable matching of all individual preference systems with group thought in the final group preference system; the need to match the individual system of preferences with the majority opinions of group members etc. Moreover, the last two criteria are implemented based on the Spearman rank correlation coefficient, and their reliability is checked using Student's t-test. Information about the effectiveness of these criteria is provided.

Keywords: expert technologies, systems of preferences, generalization of opinions, system-information criteria.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Рева Олексій Миколайович — д-р техн. наук, проф., гол. н. с., ДНУ "Український інститут науково-технічної експертизи та інформації", вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 521-00-10; ran54@meta.ua; ORCID: 0000-0002-5954-290X

Камишин Володимир Вікторович — д-р пед. наук, с. н. с., чл.-кор. НАПН України, директор, ДНУ "Український інститут науково-технічної експертизи та інформації", вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 521-00-10; kvv@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0002-8832-9470

Кириченко Костянтин Володимирович — канд. техн. наук, старший викладач, Херсонська державна морська академія; просп. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000; +38 (0552) 49-54-73; kvlecturer@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0974-6904

Яроцький Станіслав Володимирович — начальник відділу, Національний авіаційний університет, просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058; +38 (067) 238-31-77; stas_gas@ua.fm; ORCID: 0000-0003-3934-4647

Сагановська Лариса Анатоліївна — старший викладач кафедри фізико-математичних дисциплін та інформаційних технологій в авіаційних системах, Льотна академія Національного авіаційного університету, вул. Степана Чобану, 1, м. Кропивницький, Кіровоградська обл., Україна, 25005; lora-sag@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2560-4383

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Reva O. M. — D. Sc. in Engineering, Professor, Principal Researcher of Ukrainian Institute for Scientific Technical Expertise and Information, Antonovycha Str., 180, Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (044) 521-00-10; ran54@meta.ua; ORCID: 0000-0002-5954-290X

Kamyshyn V. V. — D. Sc. in Pedagogy, Corresponding Member of the NAES of Ukraine, Director of Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information, Antonovycha Str., 180, Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (044) 521-00-10; kvv@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0002-8832-9470

Kyrychenko K. V. — PhD in Engineering, Senior Lecturer at the Department of the Kherson State Maritime Academy, Ushakova Ave. 20, Kherson, Ukraine, 73000; +38 (0552) 49-54-73; kvklecturer@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0974-6904

Yarotskyi S. V. — Head of Department of the National Aviation University, Lubomir Guzar Avenue, 1, Kyiv, Ukraine, 03058; +38 (067) 238-31-77; stas_gas@ua.fm; ORCID: 0000-0003-3934-4647

Saganovska L. A. — Senior Lecturer of the Department of Physical and Mathematical Disciplines and Information Technologies in Aviation Systems of the Flight Academy of the National Aviation University, Stepan Choban Str., 1, Kropyvnytskyi, Kirovohrad region, Ukraine, 25005; lora-sag@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2560-4383



ДО УВАГИ АВТОРІВ:

До друку приймаються статті українською та англійською мовами.

Відповідальність за достовірність поданих даних несуть автори матеріалів.

Редакція може не поділяти думки авторів, викладені у статтях.

У разі передруку матеріалів — посилання на журнал “Наука, технології, інновації” обов’язкове.

Адреса редакції: вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150.

Контакти редакції: тел.: +38 (044) 521-00-39.

e-mail: journal@uintei.kiev.ua

Умови для публікації викладено на сайті: <http://nti.ukrintei.ua>.

З питань придбання та розміщення реклами: тел. +38 (044) 521-00-39.

e-mail: uintei.ua@gmail.com або sale@uintei.kiev.ua

Г. О. АНДРОЩУК, канд. екон. наук, доц.

ПОЛІТИКА І СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КРАЇНАХ СВІТУ: QUO VADIS? (частина 2)

Резюме. Досліджено організаційні й економіко-правові аспекти розробки та реалізації політик і стратегій розвитку штучного інтелекту (ШІ) у провідних країнах світу. Усі основні економіки (понад 60 країн) розробили національні політики (стратегії) розвитку ШІ. Провідними у впровадженні національних стратегій ШІ вважаються такі країни: США, Китай, Канада, Велика Британія, Японія, ОАЕ, Франція, Німеччина, Південна Корея, Індія та більшість країн Європейського Союзу (ЄС). Розглянуто структуру стратегій розвитку ШІ, пріоритети, моделі фінансування. Проаналізовано основні принципи розвитку і використання технологій ШІ, пріоритетні напрями, цілі та завдання використання ШІ. Виділено проблеми, пов'язані з використанням ШІ: це питання даних для обробки ШІ, контролю над використанням ШІ, слідування за рішеннями, що приймаються ШІ та відповідальність за їх прийняття, контроль за конфіденційністю, забезпеченням захисту персональних даних. Порівнюючи українську концепцію розвитку ШІ зі стратегіями розвинених країн, можна дійти висновку, що вона не сприятиме ефективному розвитку ШІ, оскільки інвестиції в технології ШІ відрізняються в сотні разів, не передбачено стимулювальних інструментів і конкретних дій для розвитку ШІ. Інститутом проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України розроблено проєкт Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022–2030 роки. Кабінету Міністрів України необхідно вжити заходів щодо прийняття Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні. Підсумовано, що на міжнародній арені відбувається процес формування двох великих просторів у галузі технологій ШІ: перший об'єднує країни ОЕСР з безумовним фінансовим, технологічним і ціннісно-нормативним домінуванням США та ЄС. Другий – формується навколо Китаю, в орбіту якого потрапляють країни, для яких співпраця з Заходом ускладнюється через широкий спектр міжнародних суперечностей (зокрема і росія). Перед країнами, які не в змозі протистояти технологічній гегемонії Китаю та США, стоїть дилема між двома великими технологічними просторами.

Ключові слова: інтелектуальна власність, штучний інтелект, законодавство, стратегія розвитку, пріоритети, комп'ютерна технологія, державне регулювання, цифрова інфраструктура.

Розвиток технологій ШІ в Україні. Питанням цифровізації та ШІ на території України займається Міністерство цифрової трансформації. Пріоритетними завданнями Міністерства цифрової трансформації є забезпечення необхідними умовами для розвитку всіх технологічних компаній в Україні, залучення на ринок нашої держави світових гігантів технологічної галузі та інвестицій з-за кордону. ШІ має стати одним із головних драйверів цифрової трансформації та загального зростання економіки України. **Концепція розвитку ШІ в Україні.** Після аналізу досвіду інших країн і важливості ШІ для майбутнього економічного зростання України у 2020 р. Кабінетом Міністрів України було схвалено Концепцію розвитку штучного інтелекту в Україні, що має сприяти інтеграції інноваційних технологій в економічно важливі сектори країни. Водночас, на відміну від стратегій розвинених країн, в Україні схвалено лише концепцію. Концепція — система поглядів, тоді як стратегія — це напрям дій для досягнення певної цілі [1]. Цією Концепцією (рис. 1) визна-

чено мету, базові принципи, галузі та завдання розвитку технологій ШІ в Україні в перспективі до 2030 р. Концепція спрямована на підвищення конкурентоспроможності України за рахунок використання технологій ШІ в усіх сферах діяльності загальнодержавного значення. Реалізація концепції передбачена протягом 2020–2030-х років [1].

На інфографіці на **рис. 1** показані галузі та завдання застосування ШІ. Власне процес модернізації мав тривати до 2030 р., однак зараз в силу карантинних заходів та війни, цей термін, очевидно, посунеться на невизначений період. Після впровадження Концепції, очікується: значне збільшення кількості кваліфікованих спеціалістів у галузі ШІ, зокрема наукових та науково-педагогічних працівників, а також поширення серед населення навичок компетентного використання ШІ; створення сприятливих умов для поширення та підвищення якості наукових досліджень у галузі ШІ, вихід України на провідні позиції у світовому науковому середовищі в галузі ШІ; оптимізація діяльності суб'єктів

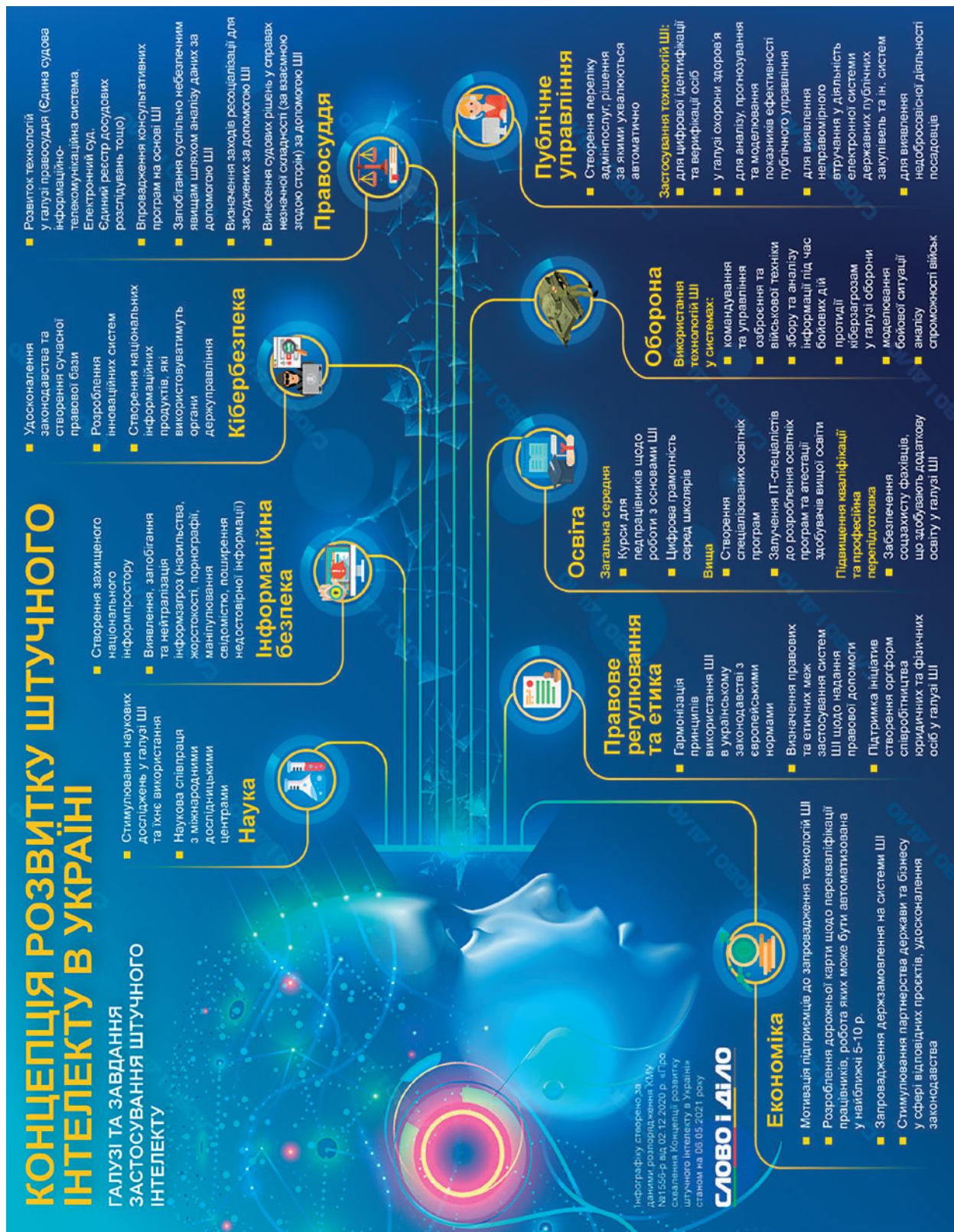


Рис. 1. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні: галузі та завдання застосування ШІ [2]

господарювання, скорочення витрат, здобуття конкурентної переваги, зростання прибутку від впровадження та споживання інновацій, збільшення продуктивності в результаті автоматизації процесів і посилення вже наявних трудових ресурсів за допомогою технологій ШІ; структурне впровадження технологій ШІ інтелекту в національній системі кібербезпеки, посилення спроможностей її суб'єктів; виявлення потенційно небезпечної інформації, здійснення аналізу інформації щодо авторства та джерела походження, що дасть змогу мінімізувати повторні інформаційні атаки; суттєве підвищення якості управлінських рішень, поліпшення якості адміністративних послуг, які надаються громадянам і бізнесу, зменшення корупційного впливу, становлення сервісно-орієнтованої державної політики; нормативно-правове регулювання діяльності в галузі ШІ. З 2019 р. Україна є членом Спеціального комітету зі ШІ при Раді Європи та членом ОЕСР із питань ШІ. За даними мережі LinkedIn, в Україні нараховується понад 2000 інституцій і компаній-розробників програмного забезпечення, що спеціалізуються у сфері ШІ. Серед них варто назвати загальноновизнані в усьому світі компанії Grammarly, Reface, RingUkraine (SQUAD). Міністерством цифрової трансформації України створено Експертний комітет з розвитку ШІ в Україні. Головним завданням Концепції України є: підвищення захисту та покращення реалізації прав і законних інтересів фізичних та юридичних осіб; зайняття Україною значного сегменту світового ринку технологій ШІ та провідних позицій у міжнародних рейтингах; створення умов участі в діяльності міжнародних організаціях та ініціативах щодо формування стратегій розвитку, регулювання та стандартизації ШІ; впровадження технологій ШІ в економіці, державному управлінні, обороні та інших сферах для забезпечення довгострокової конкурентоспроможності України на міжнародних ринках; забезпечення доступу до інформації (бази даних, електронні реєстри тощо), її використання в технологіях ШІ для виробництва товарів і надання послуг; сприяння поширенню та підвищенню рівня та якості наукових досліджень у галузі ШІ; підвищення рівня професійної підготовки спеціалістів для забезпечення сфери технологій ШІ кваліфікованими кадрами; приведення законодавства України в галузі використання технологій ШІ у відповідність до міжнародних нормативно-правових актів [2]. Ключовими напрямками державної політики у сфері ШІ визначено такі галузі: освіта та людський капітал, наука та інновації, економіка та бізнес, кібербезпека, оборона та безпека, державне управління, правове регулювання,

правосуддя [1]. Урядом передбачені інвестиції в розмірі 14 млн грн на розвиток ШІ в Україні впродовж 2021–2023 років. Кабінет Міністрів України затвердив також план заходів щодо реалізації Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні на 2021–2024 роки. Завданнями плану є: удосконалення правового регулювання ШІ (зокрема в галузях освіти, економіки, суспільного управління, кібербезпеки та оборони); поліпшення якості вищої освіти та освітніх програм, що спрямовані на підготовку фахівців у сфері ШІ; впровадження та реалізація суб'єктами господарювання інноваційних проєктів із використанням ШІ; підвищення рівня інформаційної безпеки та захисту даних в інформаційно-телекомунікаційних системах державних органів; забезпечення використання технологій ШІ в оборонних системах, сфері охорони здоров'я, правосуддя, а також для здійснення аналізу ефективності системи публічного управління. План заходів щодо впровадження Концепції розвитку ШІ в Україні передбачає: затвердження заходів протидії кіберзагрозам із використанням ШІ; укладання угод із міжнародними дослідними центрами з питань наукового співробітництва у сфері ШІ. Заплановано створити та впровадити систему показників для проведення оцінки стану інформаційної безпеки. Окрім того, має бути впроваджено систему підтримки клінічних рішень, персоналізованої медицини, телемедицини з використанням ШІ.

Порівняння концепції розвитку ШІ в Україні та національних стратегій розвинених країн. Порівнюючи українську концепцію розвитку ШІ зі стратегіями розвинених країн, можна дійти висновку, що українська концепція не сприятиме розвитку ШІ. По-перше, інвестиції в технології ШІ відрізняються в сотні разів. Інвестиції США в розмірі 1 млрд дол. США та України в розмірі 500 тис. дол. США є неспівставними. По-друге, українська концепція не передбачає жодних стимульних інструментів і конкретних дій для розвитку ШІ. Це лише система поглядів уряду на технологію ШІ та його важливості. У концепції описано проблеми для розвитку ШІ, проте немає переліку конкретних пропозицій для покращення перспектив розвитку ШІ. Також не описані заходи стимулювання приватного сектору для розробок і впровадження технологій ШІ у вітчизняній економіці. Іноземні стратегії пропонують певні заходи, що стимулюватимуть та прискорюватимуть розвиток ШІ. З огляду на те, що Україна не може інвестувати значні суми в стимулювання розвитку та впровадження ШІ, уряд має створити кращі умови для роботи технологічних компаній на території України. Ведення діяльності має бути більш вигідним в

Україні ніж в інших державах. Для цього Україна може створити пільгові умови для технологічних компаній. Зменшення податкового навантаження, лібералізація економіки та ефективне законодавство у сфері ШІ могло б підвищити конкурентоспроможність України на світовому ринку в галузі ШІ. Варто зауважити, що концепції виражають лише розуміння певної проблеми і не є керівництвом до дії. Водночас стратегії передбачають більш поглиблене осмислення об'єкта розробки і завжди зорієнтовані на досягнення конкретної мети. У порівнянні з концепціями, стратегії є наступним етапом реалізації політики і виконання планів щодо наявних напрацювань, визначення проривних технологій, наукового потенціалу та джерел фінансування.

Нещодавно з метою обговорення та внесення пропозицій було опубліковано проєкт Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022–2030 роки, яку створено Інститутом проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України (керівник проєкту, член-кореспондент НАН України А. І. Шевченко). У проєкті враховано стратегії розвитку ШІ різних країн світу, зокрема Стратегію для НАТО щодо штучного розуму (2021), Концепцію розвитку штучного інтелекту в Україні (затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. № 1556-р), а також багаторічний доробок вітчизняних наукових структур (більш докладно див. Щодо Проєкту Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022–2030 рр. *Artificial Intelligence*. 2022. № 1. С. 75–157). Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає об'єднання зусиль науковців, які займаються цими питаннями, для виконання завдання створення машини нового покоління, чого не було і не могло бути передбачено в Концепції. Кабінету Міністрів України необхідно вжити заходів щодо прийняття Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Огляд національних стратегій розвитку ШІ згідно зі звітом Інституту Брукінгса. Як уже зазначалося, усі основні економіки світу (понад 60 країн) розробили національні політики (стратегії) розвитку ШІ. Так, Канада, Китай, Франція, США, Японія, Фінляндія та Об'єднані Арабські Емірати вже мають чіткий план дій. Найкращі стратегії були підготовлені Францією, США, Китаєм, Японією та Фінляндією. Нещодавно всесвітньо відомий аналітичний центр Інституту Брукінгса представив доповідь про національні стратегії ШІ, у якій підсумовано, що в цих стратегіях відсутнє планування інвестицій [3]. *Національні стратегії розвитку ШІ, імовірно, ґрунтуються на амбіціях, ніж на практичному застосуванні, і не враховують реального*

стану речей у можливостях їх фінансування з боку держави та приватних інвесторів. Згідно з дослідженням, у більшості стратегій в розділах про фінансування програм з ШІ відсутні важливі деталі їхньої реалізації. У звіті американського інституту йдеться про те, що прагнення кожної держави до домінування у сфері ШІ — це “космічна гонитва нашого часу”, коли уряди в усьому світікладають значні ресурси в нароснування потенціалу в цій галузі. Дослідники оцінили 34 національні стратегії з розвитку ШІ. Оцінка здійснювалася з метою отримати уявлення про те, як національні уряди збираються використувати ШІ, і оцінити глобальний стан інвестицій. З'ясувалося, що більшість стратегій охоплювала функції державного сектору та сектори економіки, які могли б отримати вигоду з ШІ. Дослідження показали, що більшість урядів бачать безмежні можливості застосування ШІ у сфері охорони здоров'я, ІТ-технологій, сільського господарства, оскільки саме ці галузі мають сильні тенденції до цифрової трансформації. У деяких стратегіях вказано основні ризики і потребу в нормативно-правовій базі для використання персональних даних, а також розглянуто вплив алгоритмів на соціальну нерівність і йдеться про необхідність підвищення прозорості в роботі систем ШІ. Уряди досліджуваних країн визнають свою роль у створенні спеціалізованих платформ для обміну даними між державним сектором і зовнішніми зацікавленими сторонами для прискорення інновацій, а також розуміють, що їм необхідно планувати значні інвестиції в дослідження і розробки. У цьому контексті дослідники віддали першість Італії, яка представила найбільш повний план інвестування, за нею йдуть Франція, Німеччина, Нова Зеландія і США. Однак у більшості планів були відсутні деякі важливі елементи, які впливали на виконання стратегій. Наприклад, у планах не вказувалося, хто буде відповідати за реалізацію, а також не встановлювалися часові рамки та показники для оцінки ефективності. Учені Інституту Брукінгса розкритикували також стратегії за ігнорування реальних фінансових наслідків їх реалізації. ШІ може мати значний вплив на доходи місцевих органів влади. Як приклад наводиться прогнозоване зниження обсягу надходжень від штрафів за перевищення швидкості при введенні безпілотних транспортних засобів, однак у фінансовій частині стратегій такого розвитку подій не передбачено. У жодному з планів не згадувалося про отримання зворотного зв'язку від суспільства. Державний сектор має постійно вести розмову про те, як ШІ вплине на життя регіонів, міст і громад, однак уряди не вказали, як вони будуть взаємодіяти з громадськістю.

Більшість з цих планів залишаються скоріше побажаннями і гаслами, аніж практикою впровадження ШІ. В окремому документі інституту розглянуто відносини між ЄС і США — головним торговельним партнером і світовим лідером у сфері ШІ. Це свідчить про те, що як провідні економіки світу з міцними зв'язками, заснованими на спільних цінностях, ЄС і США могли б створити глобальну модель управління ШІ. Тоді як Європа відстає в питаннях впровадження цифрових технологій, а також розвитку ШІ, США, на думку дослідників, є світовим лідером у галузі інновацій та інвестицій у сфері ШІ і мають багату історію співпраці з ЄС щодо економічних можливостей і в питаннях безпеки інновацій. Це робить їх близькими партнерами. Якщо таке трансатлантичне співробітництво в галузі ШІ не розвивати, то лідерство в управлінні ШІ перейде до Китаю, який пішов шляхом використання ШІ для стеження за людьми і експортує свій підхід іншим урядам з авторитарним мисленням. Росія не розглядається як претендент на лідерство в галузі ШІ, хоча має свою стратегію його розвитку до 2030 року. Фінансування російської стратегії передбачається забезпечити за рахунок бюджету. Для цього уряду росії доручено у процесі формування проєктів федеральних бюджетів на черговий фінансовий рік і на плановий період в період 2020–2030 років передбачати бюджетні асигнування на її реалізацію. Фінансування стратегії буде здійснюється також за рахунок коштів державних позабюджетних фондів і позабюджетних джерел, включаючи кошти інститутів розвитку, державних корпорацій, державних підприємств, акціонерних товариств з державною участю і приватні інвестиції.

В аналізованому документі йдеться про: ключові принципи розвитку і використання технологій ШІ; пріоритетні напрями розвитку, цілі та завдання ШІ; підвищення доступності та якості даних і обладнання, що є необхідними для розвитку технологій ШІ. Проте у звіті Інституту Брукінгса зазначається, що *не здійснюється аналіз фінансової віддачі від впровадження ШІ, обґрунтованості витрат на його розвиток та використання, а, найголовніше, — не передбачено отримання зворотного зв'язку від суспільства, заради якого все це затівається*.

Європейський Союз презентував стратегію в галузі розвитку ШІ. “Біла книга” ЄС з питань штучного інтелекту — це європейський підхід до досконалості й довіри. Ключові моменти стратегії: ШІ є одним із головних факторів у досягненні цілей зі сталого розвитку; створення європейського простору, єдиного ринку даних з метою розблокувати невикористані дані та дозволити їх вільний рух у межах ЄС і різних секторів; ство-

рення європейських пулів даних, що дають змогу створювати довіру в рамках ЄС; Єврокомісія стежитиме за політикою третіх країн, що обмежує рух даних, а також ставитиме питання про необґрунтовані обмеження на двосторонніх торговельних переговорах і в рамках Світової організації торгівлі; ЄС має значно збільшити свої інвестиції в ШІ — орієнтування на державно-приватні партнерства дасть змогу мобілізувати приватні та державні інвестиції; запуск Європейського інвестиційного фонду в розмірі 100 млн євро для фінансування стартапів; об'єднання різних центрів розвитку компетенцій та навичок для підвищення конкурентоспроможності; прийняття програми розвитку ШІ з метою здійснення державних закупівель систем ШІ; заклик до створення міцної європейської регуляторної бази для розвитку продуктів і послуг на базі ШІ з високим ступенем довіри; спеціальний режим для ШІ з високим рівнем ризику, якщо його технології застосовуються у сфері охорони здоров'я, транспорту, енергетики, державного сектору та для використання ШІ, що створює юридичні або значні наслідки для прав фізичних чи юридичних осіб, а також технологій, які можуть мати ризик отримання травм, смерті чи значних матеріальних/нематеріальних збитків.

Оскільки геополітика ШІ змінюється з розвитком технологій, почали з'являтися несподівані тенденції. Результати аналізу Інституту Брукінгса показують, що *демократичні країни виявляють занепокоєння щодо етики та управління ШІ*. Однак серед таких демократичних країн країни з менш зрілим технологічним середовищем більше стурбовані орієнтованим на людину використанням ШІ. Це є безпосередньою вказівкою на те, що *простого розвитку можливостей і систем ШІ недостатньо для сталого розвитку. Також необхідний ШІ, що буде орієнтований на людину, з урахуванням етичних та управлінських питань*. Це розуміння вказує на початок нової тенденції, коли конкуренція за домінування ШІ поступово замінюватиметься стійкою рівновагою.

Національні стратегії ШІ є політичним інструментом, який встановлює пріоритети для державних інвестицій і політичного втручання, визначає основні напрями державного законодавства. Вони забезпечують також основу координації політичних дій, вкладених у досягнення цього спільного бачення. Дедалі більше країн реалізують свою національну стратегію в галузі ШІ в міністерствах і державних установах, приділяючи особливу увагу різним можливостям і завданням. *Із 40 країн, які розглянула Обсерваторія ШІ ОЕСР, 26 мають національну стратегію, присвячену*

ШІ [4]. З 11 країн, що залишилися, найближчим часом планують розробити таку стратегію Австрія, Угорщина, Ізраїль та Іспанія. Нарешті, три країни — Австралія, Словацька Республіка та Швейцарія — розглядають проблеми політики в галузі ШІ у своїх національних цифрових стратегіях.

Існують спільні риси в галузях політики втручання та політичних амбіцій цих стратегій у різних країнах. Наприклад, спільною метою є збільшення кількості дослідників ШІ і кваліфікованих випускників, зміцнення національного дослідницького потенціалу ШІ та переведення дослідження ШІ в додатки державного та приватного секторів. Країни також поділяють загальну мету щодо підвищення національної конкурентоспроможності в галузі ШІ. Причому багато хто з них прагне стати світовим лідером у сфері розроблення та впровадження ШІ. Однак національні програми відображають також відмінності в правових системах, економічних можливостях, цифрових можливостях і культурах. **Більшість ініціатив спрямовані на те, щоб охопити горизонтальну та загальну природу ШІ,** активно залучаючи зацікавлені сторони з державних дослідницьких, галузевих і державних установ, використовуючи змішані моделі державного та приватного фінансування та прагнучи до міжнародного співробітництва в галузі ШІ. **Державні бюджетні інвестиції в ШІ радикально відрізняються за країнами:** від понад 500 млн дол. США (Японія, Корея та Велика Британія) до менше 1 млн дол. США (Австралія, Естонія, Греція, Литва та Португалія), що також відображає відмінності у фінансових можливостях. **Більшість національних стратегій ШІ були запущені у 2019 р. чи 2020 р. і є короткостроковими** з датою закінчення впродовж найближчих декількох років. **Створення основ управління політикою ШІ.** У політиці у сфері ШІ вражає переважання механізмів управління в наборі інструментів, що відображає відносну молодість цієї галузі політики. Реалізація національної інноваційної політики, окрім політики, що спрямована на підтримку інновацій у галузі ШІ, зазвичай надає ще більшого значення механізмам управління та прямій фінансовій підтримці учасників, наприклад, за допомогою грантів, субсидій, позик і гарантій або пайового фінансування. На ці дві категорії інструментів припадає відповідно 36 % та 35 % портфеля заходів політики в різних країнах.

ВИСНОВКИ

ШІ — це технологія майбутнього, що відіграватиме надзвичайно важливу роль. Більшість країн створюють стратегічні документи, що сприятимуть розвитку ШІ. Згідно з про-

гнозами, світовий ринок ШІ може коштувати 30 млрд дол. США до 2024 року. Також прогнозується, що технології ШІ здатні привнести в глобальну економіку 15 трлн дол. США. Останніми роками ринок ШІ зростає на 60 % щороку [5]. Більша інтеграція ШІ підвищує економічний потенціал країни. За деякими оцінками, технології ШІ можуть підвищити продуктивність більшості галузей економіки на 30–40 %. Технології ШІ сприятимуть трансформації економіки, ринку праці, державних інституцій і суспільства загалом. Застосування ШІ дасть можливість оптимізувати всі виробничі процеси, зменшити витрати, а також підвищити ефективність виробництва. Попри стрімкий розвиток технології ШІ залишається досить багато питань, що пов'язані з його використанням. По-перше, це питання даних, що будуть дозволені для обробки ШІ, адже контроль інформації є важливим для будь-якої держави чи компанії. По-друге, це питання державного контролю над використанням ШІ приватним сектором. По-третє, це слідування за рішенням, що прийнято ШІ, адже людина має контролювати дії ШІ. По-четверте, важливим питанням є відповідальність за прийняте рішення ШІ, адже в разі помилки, що може призвести до катастрофічних наслідків, хтось має нести відповідальність. Важливим також є контроль за конфіденційністю, оскільки забезпечення захисту персональних даних є надзвичайно важливим у сучасному технологічному світі. Більшість країн розуміють важливість ШІ для соціально-економічного розвитку. Нині провідними країнами в галузі ШІ залишаються США та Китай, адже вони інвестують найбільше коштів у розвиток ШІ, працюють разом із приватними компаніями та створюють найкращі умови для діяльності технологічних компаній на своїй території. Ці країни є також лідерами за кількістю зареєстрованих патентів у сфері ШІ. Згідно зі своєю стратегією США планує залишатися лідером у сфері ШІ, тоді як Китай прагне стати лідером у цій галузі до 2030 року. Решта країн намагаються не відставати від лідерів, адже ШІ може значно посилити економічний розрив між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються. Розроблені національні стратегії розвитку ШІ мають сприяти розробленню та впровадженню ШІ. *Більшість стратегій передбачені інвестиції в ШІ. Найбільші інвестиції вкладають Китай, США та країни ЄС, оскільки решта країн не мають достатньо фінансових ресурсів для сприяння розвитку ШІ.*

Підходи до розвитку ШІ в США, Китаї та ЄС відрізняються. США більше націлені на ринкові методи. Уряд підтримує приватний сектор, створює кластери, наукові парки тощо. США

прагне створити сприятливі умови для національного бізнесу, а також привабливі умови для вчених і спеціалістів у цифровій галузі. Також США бажає розвивати міжнародне партнерство як між компаніями, так і між науково-дослідницькими центрами. Політика Китаю зорієнтована на розвиток ШІ через державний сектор. Китай викуповує всю або частину технологічної компанії для того, щоб регулювати діяльність та розробки китайських компаній. Китай більше зорієнтований на власні розробки, аніж на співпрацю та партнерство з іншими країнами. Також "Тарифна війна" США та Китаю пригальмувала стрімке зростання Китаю та зумовила певну закритість Китаю у питаннях співпраці з іншими країнами. Нині Китай розраховує лише на власні можливості, приймає вдалі стратегії, метою яких є стати світовим лідером у галузі ШІ. ЄС активно працює над співробітництвом усіх країн у межах Європи, розуміючи, що самостійно кожна окрема країна не зможе конкурувати з США чи Китаєм. Проте завдяки об'єднанню європейські країни мають достатньо можливостей для розвитку ШІ та суперництва. Більшістю стратегій із розвитку ШІ *передбачено*: створення відповідного законодавства у сфері ШІ, сприяння розвитку та використання ШІ державним і приватним сектором, наукові розробки та дослідження у сфері ШІ. Україна також схвалила власну концепцію розвитку ШІ. Проте, на відміну від стратегії, Україна прийняла лише концепцію, сутність якої полягає у визначенні мети, принципів і завдань розвитку ШІ. Україна має надзвичайно багато проблем і перешкод для розвитку ШІ, і ця концепція не матиме значних перспектив для сприяння розвитку ШІ. Таким чином, уряду України необхідно розробити чітку стратегію, що описуватиме інструменти, які є необхідними для розвитку ШІ. Оскільки Україна не може вкладати достатньо коштів у розвиток ШІ, уряд має створити конкурентні переваги України в порівнянні з іншими країнами (це може бути відповідне законодавство, мінімізація податкового навантаження тощо), щоб бути конкурентоспроможною на світовому ринку ШІ.

Нині більшість країн змагаються за розробку та застосування ШІ на своїй території з метою збільшити власну конкурентоспроможність у світі. А стратегії, що розроблені цими країнами, мають сприяти розвитку ШІ, а більш вдала стратегія допоможе цим країнам бути готовими до майбутніх технологічних змін. Можна стверджувати, що на міжнародній арені відбувається формування двох великих просторів у галузі технологій ШІ: перший простір об'єднує країни ОЕСР з безумовним фінансовим, технологічним і ціннісно-нормативним домінуванням США

та ЄС; другий — формується навколо Китаю, в орбіту якого потрапляють країни, для яких співпраця з Заходом ускладнюється через широкий спектр міжнародних суперечностей (зокрема і росія). Логіка глобального технологічного протистояння, режим санкцій, що дедалі посилюється, виводять на передній план перед країнами, які не в змозі протистояти технологічній гегемонії Китаю та США, дилему вибору між двома великими технологічними просторами. Це викликає занепокоєння, оскільки США та Китай є геополітичними суперниками і військовими наддержавами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Przegląd strategii rozwoju sztucznej inteligencji na świecie [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.telix.pl/rynek/raporty-prezentacje/2018/07/przegląd-strategii-rozwoju-sztucznej-inteligencji-na-swiecie/>.
2. Штучний інтелект в Україні: в яких галузях планують застосовувати ШІ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2021/05/06/infografika/suspilstvo/shtuchnyj-intelekt-ukrayini-yakyyx-haluzyax-planuyut-zastosovuvaty-shi>.
3. Early C. National AI strategies more "aspirational than practical", report finds [Electronic resource] / C. Early // Catherine Early. — Global government forum. — 23.06.2020. — Access mode: <https://www.globalgovernmentforum.com/national-ai-strategies-more-aspirational-than-practical-report-finds/>.
4. National policies for Artificial Intelligence: What about diffusion? [Electronic resource]. — OECDiLibrary. — Access mode: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/cc3a9728-en/index.html?itemId=/content/component/cc3a9728-en>.
5. До 2030 року AI може забезпечити додаткову глобальну економічну активність у розмірі 13 трлн. дол. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.everest.ua/do-2030-roku-ai-mozhe-zabezpechyty-dodatkovu-globalnu-ekonomichnu-aktyvnist-u-rozmiri-13-trln-dol/>.

REFERENCES

1. Przegląd strategii rozwoju sztucznej inteligencji na świecie. Retrieved from: <https://www.telix.pl/rynek/raporty-prezentacje/2018/07/przegląd-strategii-rozwoju-sztucznej-inteligencji-na-swiecie/>.
2. Shtuchnyi intelekt v Ukraini: v yakyykh haluzyakh planuiut zastosovuvaty Shi [Artificial intelligence in Ukraine: in which industries are they planning to use AI]. Retrieved from: <https://www.slovoidilo.ua/2021/05/06/infografika/suspilstvo/shtuchnyj-intelekt-ukrayini-yakyyx-haluzyax-planuyut-zastosovuvaty-shi> [in Ukr.].
3. Early, Catherine (2020). National AI strategies more "aspirational than practical", report finds. *Global government forum*. Retrieved from: <https://www.globalgovernmentforum.com/national-ai-strategies-more-aspirational-than-practical-report-finds/>.
4. National policies for Artificial Intelligence: What about diffusion? Retrieved from: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/cc3a9728-en/index.html?itemId=/content/component/cc3a9728-en>.
5. Do 2030 roku AI moze zabezpechyty dodatkovu hlobalnu ekonomichnu aktyvnist u rozmiri 13 trln.

dol. [By 2030, AI could provide \$13 trillion in additional global economic activity. Dollars]. Retrieved from: [https://www.everest.ua/do-2030-roku-](https://www.everest.ua/do-2030-roku-ai-mozhe-zabezpechyty-dodatkovu-globalnu-ekonomichnu-aktyvnist-u-rozmiri-13-trln-dol/)

ai-mozhe-zabezpechyty-dodatkovu-globalnu-ekonomichnu-aktyvnist-u-rozmiri-13-trln-dol/ [in Ukr.].

H. O. ANDROSHCHUK, PhD in Economics, Associate Professor

POLICIES AND STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE COUNTRIES OF THE WORLD: QUO VADIS? (part 2)

Abstract. *The organizational and economic and legal aspects of the development and implementation of policies and strategies for the development of artificial intelligence (AI) in the leading countries of the world have been studied. All major economies (more than 60 countries) have developed national policies (strategies) for the development of AI. The following countries are considered advanced in the implementation of national AI strategies: USA, China, Canada, UK, Japan, UAE, France, Germany, South Korea, India and most countries of the European Union (EU). The structure of AI development strategies, priorities, funding models were considered, the main principles of the development and use of AI technologies, priority directions, goals and objectives of the use of AI were analyzed. The problems associated with the use of AI are highlighted: these are issues of data for processing AI, control over the use of AI, tracking AI decisions and responsibility for their adoption, control over confidentiality, ensuring the protection of personal data. Comparing the Ukrainian concept of AI development with the strategies of developed countries, we can conclude that it will not contribute to the effective development of AI, since investments in AI technologies differ hundreds of times, incentive tools and specific actions for the development of AI are not provided. The Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine have developed a project of the Strategy for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine for 2022–2030. The Cabinet of Ministers of Ukraine needs to take measures to adopt the Strategy for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine. It is concluded that there is a process of formation of two large spaces in the field of AI technologies in the international arena: the first unites the OECD countries with the unconditional financial, technological and value-normative dominance of the USA and the EU. The second is formed around China, in whose orbit countries fall, for which cooperation with the West is complicated due to a wide range of international conflicts (including Russia). Countries that are unable to resist the technological hegemony of China and the United States are faced with the dilemma of choosing between two large technological spaces.*

Keywords: *intellectual property, artificial intelligence, legislation, development strategy, priorities, computer technology, state regulation, digital infrastructure.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Андрощук Геннадій Олександрович — канд. екон. наук, доц., гол. н. с., Науково-дослідний інститут інтелектуальної власності Національної академії правових наук України, вул. Казимира Малевича, 11, корп. 4, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 200-08-76; genandro1@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0781-9740

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Androshchuk H. O. — PhD in Economics, Associate Professor, Chief Researcher, Scientific Research Institute of Intellectual Property of the National Academy of Legal Sciences of Ukraine; Kazymira Malevycha Str., 11, 4, Kyiv, 03680; genandro1@gmail.com; +38 (044) 200-08-76; ORCID: 0000-0003-0781-9740



О. А. ПІВОВАРОВ, д-р техн. наук, проф.

А. А. ПАВЛЕНКО, викладач

ІННОВАЦІЙНЕ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЮМОСИЛІКАТНИХ МІКРОСФЕР (ЦЕНОСФЕР) ЯК ЕФЕКТИВНОГО НАПОВНЮВАЧА В КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Резюме. Алюмосилікатні мікросфери як промислові відходи теплових електричних станцій внаслідок згоряння енергетичного вугілля знаходять широке застосування в різноманітних галузях виробництва завдяки унікальності фізико-хімічних властивостей. У статті розглянуто застосування алюмосилікатних мікросфер у технологіях створення композитних матеріалів на основі бутадієн-стирольного та нітрильного каучуків із підвищеними властивостями отриманих матеріалів до абразивного зносу. Досліджено зміни типових характеристик отриманих гумових композиційних матеріалів за рахунок додавання до гумової матриці алюмосилікатних порожнистих мікросфер у кількості від 1 до 8 масових відсотків. Визначено деформаційно-міцнісні характеристики новітніх композитів і вплив алюмосилікатних мікросфер на створення триботехнічних полімерних матеріалів широкого призначення. Показано, що збільшення кількості алюмосилікатних порожнистих мікросфер у межах від 2 до 8 масових відсотків до бутадієн-стирольного та нітрильного каучуків сприяє стабілізації значень інтенсивності зношування, що є позитивним технологічним фактором у створенні композитних матеріалів з інноваційним наповнювачем.

Ключові слова: алюмосилікатні мікросфери, бутадієн-стирольний каучук, нітрильний каучук, триботехнічні матеріали, деформаційно-міцнісні характеристики, тертя.

ВСТУП

Нині потреби техніки та промисловості в наборі полімерних матеріалів із різними фізичними, хімічними та механічними властивостями переважно задовольняються не за рахунок синтезу нових полімерів, а шляхом комбінації та модифікації вже давно відомих хімічних сполук. Властивості гуми можна змінювати шляхом введення наповнювачів різної форми, хімічної природи, питомої поверхні та розміру. На сьогодні науковий і прикладний інтерес викликають можливості використання алюмосилікатних мікросфер у каучуках, що мають особливий комплекс властивостей і характеристик.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Одним із найважливіших напрямів, що визначають розвиток усіх галузей промисловості та будівництва, є нові екологічні, економічні та високоякісні матеріали із заданими технологічними параметрами. Створення сучасних композиційних матеріалів, що поєднують в собі властивості, які необхідні залежно від умов експлуатації виробів, а також розв'язання екологічних проблем, вважається одним із найперспективніших шляхів. Прикладом у ролі наповнювача для таких матеріалів є застосування відходів з

енергогенерувальних виробництв, а саме: продуктів згоряння твердого палива — алюмосилікатні мікросфери.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАНИХ ПУБЛІКАЦІЙ

Алюмосилікатні мікросфери (ценосфери легкої фракції золи віднесення) — цінний компонент золовугільних відходів, що утворюються при спалюванні вугілля для отримання енергії, які є порожнистими склокерамічними мікросферами. Властивості цих порожнистих мікросфер роблять їх придатними для широкого застосування [1; 2].

Варто наголосити на унікальних властивостях мікросфер [3]:

- щільність мікросфер становить близько 25 % від густини інших неорганічних наповнювачів, при цьому вони зберігають достатню міцність, необхідну для того, щоб витримувати процес змішування добавки та обробку;
- завдяки формі частинок мікросфери мають високу плинність, що забезпечує ефективне заповнення форм і зручність їх використання у виробничих умовах;
- сфери забезпечують мінімальне співвідношення площі поверхні до об'єму, що вони займають, що призводить до зменшення

витрати полімерної смоли або зв'язуючого, що надає можливість використовувати суміш із високим вмістом сухих речовин. Коефіцієнт укладання — 60–80 % від теоретичного;

- за високих концентрацій сфери ущільнюються, але надалі відбувається не ущільнення, а випаровування розчинника або води. Таким чином, використання сфер допомагає зберегти об'єм вихідного виробу;
- низька теплопровідність, що становить 0,08 Вт/м·К за 20 °С;
- мікросфери мають підвищену міцність на стиск завдяки більш міцній оболонці. Міцність на стиск — 150–280 кг/см², за шкалою Мооса — 5–6. Тверда поверхня мікросфер забезпечує високу стійкість до ерозії;
- кремнеземні мікросфери мають дуже низьку реакційну здатність. Їх хімічний склад забезпечує високу стійкість до кислот і лугів; вони рН-нейтральні;
- температура плавлення — не нижче 1300 °С, що значно вище за температуру плавлення синтетичних скляних мікросфер;
- мікросфери на 50–200 % дешевші за порожні скляні сфери. Вони також більш ефективні з фінансової точки зору за рахунок економії на вантажно-розвантажувальних роботах, а також зниження ваги.

Привабливою є також технологія виробництва алюмосилікатних мікросфер [4]. Після спалювання вугілля на теплових електростанціях з енергетичною метою, зола та шлак змішуються з водою і направляються трубопроводами до збірників відходів. Тяжка фракція золи осідає на дно сміттєзбірників, а плаваюча фракція — мікросфери — розтікається на поверхні води [5]. За спеціальною технологією мікросфери збираються з такої поверхні й упаковуються у біг-беги місткістю 1 м³. Вологість мікросфер 20–30 %. Первинна обробка включає сушіння до вологості 0,5 % і сортування за фракціями. Технологічні втрати не перевищують 2 %.

У праці [6] досліджено ефективну комбінацію сухих методів вилучення як дрібних зольних частинок, так і алюмосилікатних мікросфер із летючої вугільної золи. Вони складаються з сепарації в псевдозрідженому шарі з подальшим просіюванням та пневматичною сепарацією повітряної камери вільного падіння. Відновлення ценосфер становило близько 81 %. Використання комбінації сухих способів дало змогу зберегти майже 83 мас.% сировини в сухому вигляді. Окрім того, отримані фракції золовинесення можуть бути використані для різних промислових цілей. Така технологія заслуговує на увагу фахівців, бо не потребує додаткового використання води.

Сучасний розвиток техніки тісно пов'язаний з інноваціями в галузі розроблення нових полімерних композиційних матеріалів. Полімерні композити переважно застосовуються як матеріали конструкційного призначення [7]. Актуальною проблемою сучасної техніки є необхідність створення матеріалів з підвищеною зносо- та абразивостійкістю.

Важлива роль в надійних та високоефективних машинах і механізмах належить різним триботехнічним матеріалам, які працюють у вузлах тертя, а також здатні забезпечувати низький коефіцієнт тертя ковзання, і тим самим низькі втрати на тертя та малу швидкість зношування сполучених деталей. Тому розробка більш досконалих методів їх дослідження та створення матеріалів з підвищеною зносостійкістю є актуальною задачею і викликає науковий та практичний інтерес [8].

Бутадієн-стирольний каучук (БСК) — один із найдешевших синтетичних еластомерів загального призначення, який іноді використовується як заміник натурального каучуку [9]. Він може бути отриманий радикальною полімеризацією в розчині як емульсійною полімеризацією, так і в теплому стані при температурі від 30 до 60 °С (гаряча гума) або в холодному стані при температурі близько 0 °С (холодна гума). Емульсійний БСК продовжує поступатися місцем розчинному БСК, який краще підходить для шин із високими експлуатаційними характеристиками. Проте на сьогодні на емульсійні марки БСК, як і раніше, припадає понад 75 % загальної світової потужності. Однак дедалі більше БСК виробляється шляхом полімеризації в розчині [10].

Алюмосилікатні порожнисті мікросфери (АСПМ) — кристалічні алюмосилікатні кульки, які утворюються при високотемпературному факельному спалюванні вугілля, є порожнистими, майже ідеальної форми силікатними кульками з гладкою поверхнею, діаметром від 10 до декількох сотень мікрометрів. Стінки суцільні непористі з товщиною 2–10 мкм, температура плавлення 1400–1500 °С, щільність 580–690 кг/м³ [11].

Україна багата на алюмосилікатні порожнисті мікросфери за рахунок наявності визначеної кількості електричних теплових станцій, які працюють на вугіллі і після згоряння яких зі шлаків досить нескладно вилучити у якості промислових відходів корисний продукт АСПМ (табл. 1) [12].

Вміст ценосфер у золі від спалювання різних видів вугілля коливається в досить широкому діапазоні від 0,01 до 35,6 мас. %. У ценосферах є три основні елементи: кремній, алюміній та залізо, оксиди яких становлять близько 89 % матеріалу. Мінералогічний аналіз показує, що

Таблиця 1

Хімічний склад зольних мікросфер ТЕС

ТЕС	Хімічний склад зольних мікросфер ТЕС, мас. %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO ₂	Pb ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	CuO	CaO
Бурштинська	56,44	32,54	5,54	1,08	0,04	0,01	5,21	0,08	0,01	–
Криворізька	57,12	30,48	5,02	1,05	0,05	0,01	6,06	0,12	0,01	–
Придніпровська	52,91	36,11	3,01	0,69	0,04	0,01	6,42	–	0,01	0,6
Трипільська	60,68	34,24	1,67	1,19	–	–	0,95	0,26	–	1,01
Курахівська	56,2	30,01	4,09	0,98	–	–	5,11	0,26	–	3,35

вихідні ценосфери переважно містять мулліт і кварц як основні мінералогічні фази. Розмір ценосфер коливається від 5 до 500 мкм, найпоширеніший розмір 20–300 мкм [13]. Ценосфери характеризуються низькою насипною щільністю (0,2–0,8 г/см³) і легко відокремлюються гравітаційними методами у вигляді концентрату у водних середовищах або збираються з водної поверхні лагун, призначених для зберігання золошлакових відходів. Унікальні властивості цих порожнистих мікросфер роблять їх придатними для широкого застосування. Сфера використання: нафтова промисловість: тампонажні матеріали для нафтових свердловин, бурові розчини, матеріали для дроблення, вибухові речовини; будівництво: надлегкий бетон, будівельні розчини, цемент, штукатурка, покриття, покривельні та звукопоглинальні матеріали; кераміка: вогнетриви, вогнетривка цегла, покриття, ізоляційні матеріали; хімічна промисловість: пластиди, а саме нейлон, поліетилен, поліпропілен та інші матеріали різної щільності; автомобілебудування: композити, шини, аксесуари, звукопоглинальні матеріали, заземлення. Наведені в **табл. 1** дані свідчать про те, що в зольних відвалах теплових електростанцій містяться корисні хімічні сполуки, вилучення яких уже в недалекому майбутньому може скласти левову частку корисної для хімічної та металургійної промисловості сировини.

Мета статті полягає в дослідженні особливостей реалізації різних методів модифікування гумотехнічних виробів, що застосовуються для комплектації вузлів тертя різноманітних агрегатів, а також особливості модифікації бутадієн-стирольного каучуку різноманітного призначення.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вибір у ролі досліджуваного матеріалу бутадієн-стирольного каучуку зумовлений його доступністю і широким використанням у гумотехнічній промисловості, зокрема для виготовлення автомобільних шин [14; 15].

Дослідні гумові суміші було виготовлено на лабораторних вальцях марки ПД-630 315/315 шляхом введення наважки АСПМ у гумову суміш, яку нагрівали на вальцях протягом 5–6 хв і зрізали у вигляді листа товщиною 2 мм, що клали на стіл і наносили мітку, яка визначає лінію каландрування.

Для виготовлення гумових зразків формовим способом було використано гідравлічний вулканізаційний прес з електрообігрівом марки 100–400 2Е. Процес вулканізації гумової суміші проведено в прес-формах методом прямого пресування протягом 3 хв при температурі 157±2 °С.

Зразки, виготовлені з гуми, випробували не раніше ніж через 16 годин та не пізніше 28 діб після вулканізації. Перед випробуванням зразки та пластини, з яких їх вирубували, утримували при температурі 23±2 °С не менше 60 хв. Зразки вирубували на вирубних пресах з висувною плитою та ручним або пневматичним приводом за допомогою стандартних штанцевих ножів, що забезпечують задану форму і розміри зразка. Ніж укладали таким чином, щоб напрямком поздовжньої осі співпадав із напрямком каландрування. Довжина робочої ділянки зазначається мітками штамп, ширина кромки якого не перевищує 0,5 мм.

Зносостійкість було визначено шляхом плавного переміщення досліджуваного зразка гуми по поверхні абразивної стрічки, яка прикріплена до барабана, що обертається, та зазначається як втрата об'єму в кубічних міліметрах або як індекс зносостійкості у відсотках. Чим менше значення втрати об'єму, тим вищою є зносостійкість. Що стосується індексу зносостійкості, то чим менше його значення, тим нижчою є зносостійкість.

Дослідна установка (**рис. 1**) складається з барабана, який являє собою тонкостінну трубу, з обох кінців якої запресовані кришки з алюмінію. На барабан за допомогою двосторонньої ліпкої стрічки закріплено наждачну шкурку. Барабан

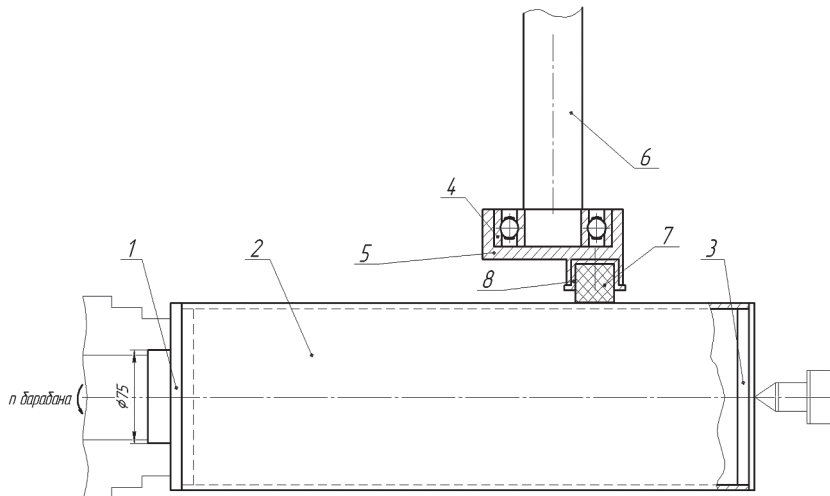


Рис. 1. Схема дослідної установки

Примітка: 1 — ліва кришка; 2 — барабан; 3 — права кришка; 4 — підшипник; 5 — обойма; 6 — труба; 7 — дослідний зразок; 8 — тримач зразка.

зафіксовано в трикулачковому патроні та підтиснено задньою бабкою верстата.

При обертанні барабана по ньому проходить деякий шлях дослідний зразок (7). Його було закріплено в тримачі (8), який розташовано на обоймі (5), що напресовано на підшипник (4). Підшипник напресований на трубу 6, на яку встановлено необхідне навантаження. Після установки барабана налаштовували токарно-гвинторізний верстат типу 1К62 на необхідні режими роботи, а саме: швидкість обертання шпинделя 40 об./хв, повздовжня подача супорта 4,0 мм/об. Далі було виготовлено полімерний зразок до випробувань, який повинен мати циліндричну форму діаметром 16 мм та заввишки 10 мм. Наступним кроком було зважування зразка на аналітичних вагах марки АДВ-200М 2 кл. Під час експерименту дослідний зразок терся по абразивній шкірці та з певною силою тягнув тензобалку у бік обертання барабана, що викликало деформацію тензобалки та виникнення в тензобалці невеликих струмів, пропорційних деформації балки, що дало змогу провести тарування. Після того, як зразок проходив необхідний шлях, підіймали трубу з тримачем зразка, останній виймався з тримача і зважувався на аналітичних вагах. Так було визначено втрату маси зразка за рахунок тертя в грамах. За результат випробування прийнято середньоарифметичне значення всіх випробуваних зразків. Значення показників, що відрізняються від середньоарифметичного більш ніж на 10 %, не враховувалося і середньоарифметичне розраховано зі зразків, що залишилися, кількість яких становила не менше трьох.

Введення до складу бутадієн-стирольного каучуку від 1 до 8 масових відсотків алюмосилікатних порожнистих мікросфер сприяє зменшенню ряду деформаційно-міцнісних характеристик. Так, умовна міцність при розтягуванні зменшується від 18,4 МПа до 10–14 МПа, опір до роздирання з 64,7 кН/м до 34,8 кН/м, відносне подовження з 490 до 410 %, ступінь набухання в рідині з 33,3 до 22,0 %. Майже не змінюється твердість за Шором (60–63 умовних одиниць), щільність (1085–1075 кг/м³), залишкове подовження (20 %). Несуттєво, але збільшується коефіцієнт теплопровідності (з 0,518 до 0,607 Вт/(м·К)). Змінення значень наведених характеристик має переважно монотонний характер.

Дещо інший характер спостерігається при дослідженнях на абразивне зношування бутадієн-стирольної групи гумової суміші з різним вмістом алюмосилікатних порожнистих мікросфер (**рис. 2**). За відсутності наповнювача інтенсивність абразивного зношування становить 301,6 мм³. Введення до складу бутадієн-стирольного каучуку вже 1 мас. % АСПМ сприяє стрімкому зниженню величини інтенсивності зношування до 172,7 мм³.

Подальше збільшення кількості алюмосилікатних порожнистих мікросфер у межах від 2 до 8 мас. % сприяє стабілізації значень інтенсивності зношування на монотонно низькому рівні. Що стосується коефіцієнта тертя, то він суттєво не змінювався і мав однаково стабільні значення при дослідженнях усіх зразків композицій (**рис. 2**).

Такий характер зношування можна пояснити тим, що алюмосилікатні порожнисті мікросфери,

які знаходяться на поверхні тертя, слугують своєрідним захисним екраном від подальшого зношування. До того ж, аналогічний ефект спостерігався і при газоабразивному зношуванні еластомерів [16]. Мікроструктури шинних гум з АСПМ вивчали за допомогою растрового електронного мікроскопа типу РЕМ-106І. Мікрофотографії поверхонь тертя показано на **рис. 3**.

Для подальшого вивчення попередньо встановленого екранувального ефекту було обрано нитрильний каучук [17], вироби з якого переважно застосовуються під час виготовлення транспортерних стрічок поточно-механізованих ліній. Деформаційно-міцнісні характеристики нитрильної гуми та композицій з алюмосилікатними порожнистими мікросферами свідчать, що вони також мають стабільно-монотонний характер. Так, відносне подовження зменшується в межах 270–230 %, умовна міцність при розтягу 11,5–8,9 МПа, опір до роздирання 26,5–29,3 кН/м, твердість за Шором 73–68 умовних одиниць, щільність 1216–1190 кг/м³. Величина залишкового подовження є стабільною та складає 20 %. Дещо збільшується коефіцієнт теплопровідності з 0,381 до 0,427 Вт/(м·К). Варто вважати, що первинна структура гуми та композиційних матеріалів на її основі має умовно заморожений стан, що є характерним для протекторних гум (**табл. 2**).

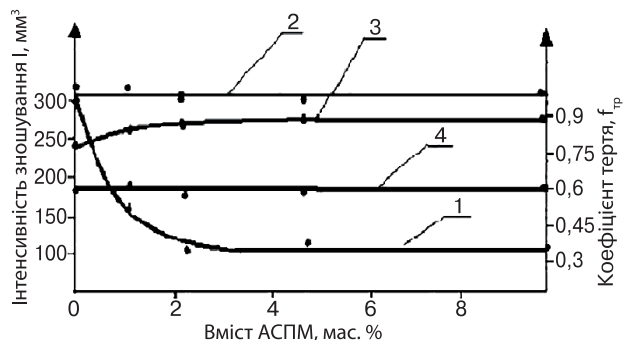


Рис. 2. Залежності інтенсивності абразивного зношування (1) та коефіцієнту тертя (2) бутадієн-стирольної гуми та інтенсивності абразивного зношування (3) та коефіцієнту тертя (4) нитрильної гуми з різним вмістом алюмосилікатних порожнистих мікросфер

Саме цим можна пояснити монотонну стабільність значень інтенсивності абразивного зношування та коефіцієнту тертя полімерних композицій на основі нитрильного каучуку з вмістом алюмосилікатних порожнистих мікросфер у межах від 1 до 8 мас. % (**рис. 2**).

Окрім того, досить значна твердість нитрильної гуми (до 73 одиниць за Шором) та порівняно низькі значення деформаційно-міцнісних характеристик (умовна міцність при розтягу, опір до роздирання, відносне подовження тощо) не

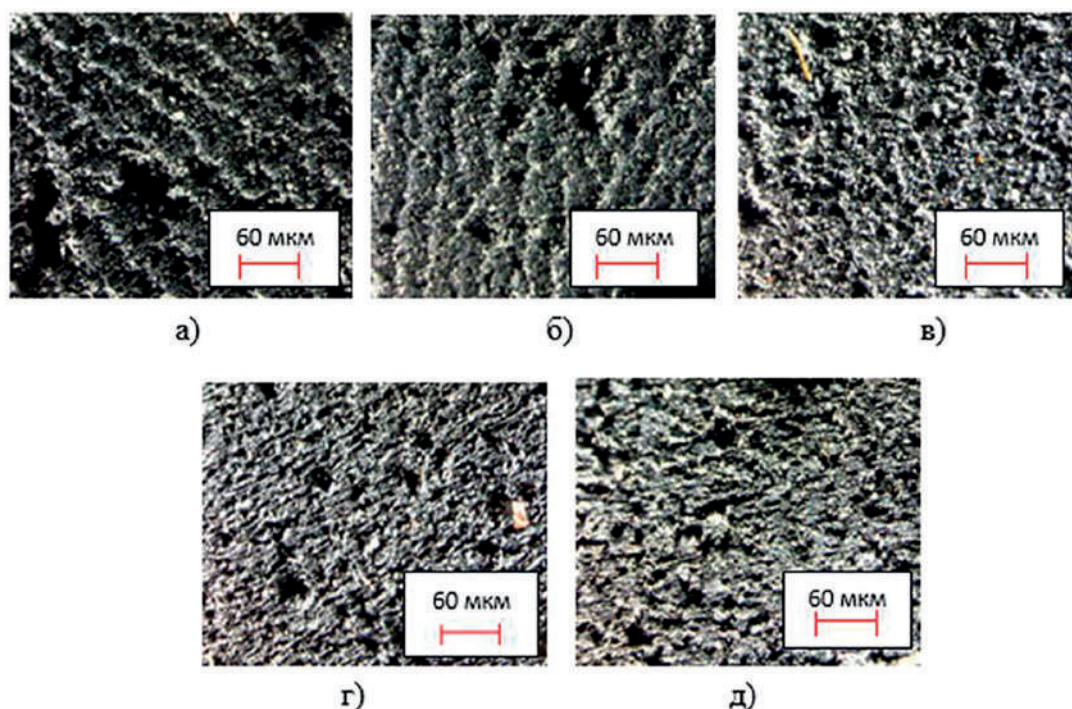


Рис. 3. Мікрофотографії поверхонь тертя бутадієн-стирольного каучуку з вмістом алюмосилікатних мікросфер (мас. %): а) 0; б) 1; в) 2; г) 4; д) 8

Таблиця 2

Властивості полімерної композиції на основі бутадієн-стирольного та нітрильного каучуку з вмістом АСПМ (мас. % на 100 г гумової суміші)

Показник	Вміст наповнювача				
	0	1	2	4	8
Технологічні характеристики					
Усадка за товщиною, %	$\frac{13,4}{10,3}$	$\frac{15,1}{4,6}$	$\frac{26,9}{6,0}$	$\frac{11,8}{5,7}$	$\frac{9,6}{7,6}$
Твердість (за Шором), ум. од.	$\frac{60}{73}$	$\frac{61}{68}$	$\frac{60}{71}$	$\frac{61}{70}$	$\frac{63}{68}$
Щільність, кг/м ³	$\frac{1085,1}{1216,1}$	$\frac{1079,5}{1190,8}$	$\frac{1075,2}{1191,7}$	$\frac{1061,9}{1205,0}$	$\frac{1085,2}{1210,6}$
Ступінь набухання в рідині за 24 год., %	$\frac{33,3}{24,2}$	$\frac{26,2}{23,8}$	$\frac{26,8}{23,1}$	$\frac{20,3}{16,9}$	$\frac{22,0}{16,9}$
Деформаційно-міцнісні характеристики					
Відносне подовження, %	$\frac{490}{270}$	$\frac{510}{270}$	$\frac{460}{270}$	$\frac{430}{250}$	$\frac{410}{250}$
Залишкове подовження, %	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$
Умовна міцність при розтягу, МПа	$\frac{18,4}{11,5}$	$\frac{18,4}{11,3}$	$\frac{17,1}{11,1}$	$\frac{10,7}{10,2}$	$\frac{14,1}{8,9}$
Опір до роздирання, кН/м	$\frac{64,7}{26,5}$	$\frac{61,1}{29,3}$	$\frac{67,6}{26,0}$	$\frac{61,0}{27,3}$	$\frac{34,8}{27,5}$
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	$\frac{0,518}{0,381}$	$\frac{0,522}{0,390}$	$\frac{0,587}{0,399}$	$\frac{0,597}{0,418}$	$\frac{0,607}{0,427}$

Примітка: чисельник — полімерні композиції на основі бутадієн-стирольного каучуку; знаменник — полімерні композиції на основі нітрильного каучуку.

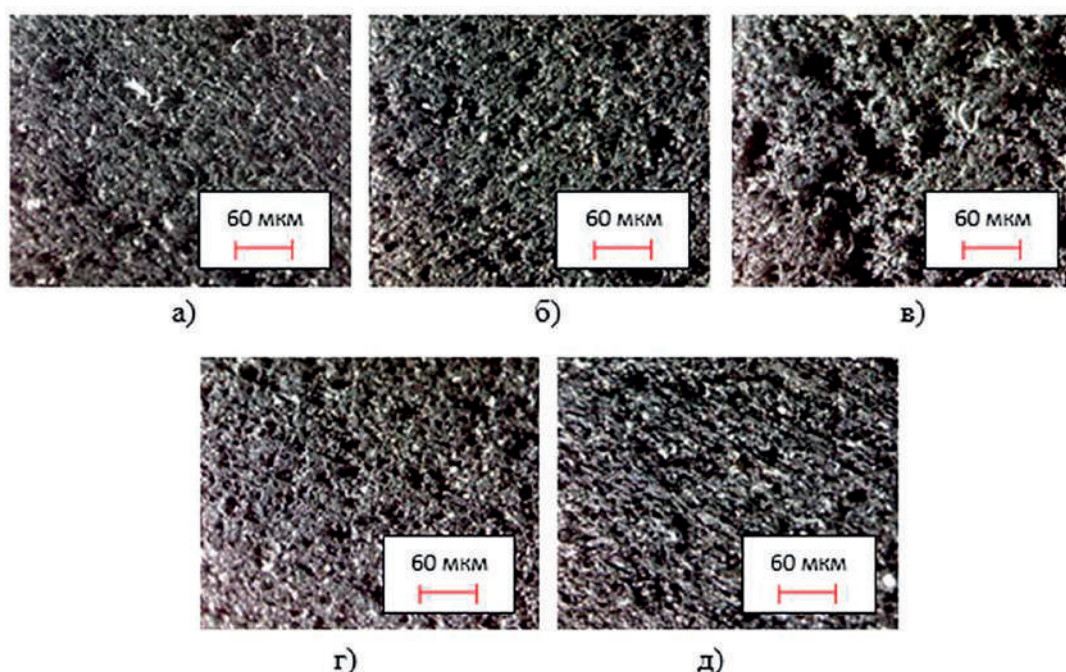


Рис. 4. Мікрофотографії поверхонь тертя нітрильного каучуку з вмістом алюмосилікатних мікросфер (мас. %): а) 0; б) 1; в) 2; г) 4; д) 8

сприяють локалізації мікросфер на поверхні та їх сегрегації в приповерхневому шарі. Мікрофотографії поверхонь тертя показано на **рис. 4**.

Використовуючи традиційні мікророзмірні наповнювачі, можна оптимізувати властивості композитних матеріалів. Полімерна матриця і мікророзмірні наповнювачі з'єднані полімерні за допомогою слабких міжмолекулярних сил і хімічний зв'язок утворюється рідко.

ВИСНОВКИ

Для проведення досліджень на абразивне зношування на машині тертя було обрано полімерні композиції на основі бутадієн-стирольного і нітрильного каучуків із різним вмістом алюмосилікатних порожнистих мікросфер, а також визначено поведінку цих матеріалів під час процесу абразивного зношування. Встановлено, що введення до складу бутадієн-стирольного каучуку від 1 до 8 мас. % алюмосилікатних порожнистих мікросфер сприяє стрімкому зниженню величини об'ємного зношування до 140–160 мм³. Такий характер зношування можна пояснити тим, що алюмосилікатні порожнисті мікросфери, які знаходяться на поверхні тертя, слугують своєрідним захисним екраном від подальшого зношування.

Композиційні матеріали на основі нітрильного каучуку та їх характеристики відрізняються від композицій на основі бутадієн-стирольного каучуку за рахунок того, що вихідні властивості цих двох каучуків мають суттєві відмінності, що позначається на властивостях саме композиційних матеріалів, але функціонально вони подібні, різним має бути їхнє застосування за призначенням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Haustein E.* The characteristics of selected properties of the cenospheres — fraction of fly ash — by-product of coal combustion / *E. Haustein, B. Quant // Gospodarka Surowcami Mineralnymi — Mineral Resources Management.* — 2021. — Vol. 27. — No. 3. — P. 95–111.
2. *Ranjbar N.* Cenospheres: A review / *N. Ranjbar, C. Kuenzel // Fuel.* — 2017. — Vol. 207. — P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2017.06.059>.
3. Recent Advances in Methods for Recovery of Cenospheres from Fly Ash and Their Emerging Applications in Ceramics, Composites, Polymers and Environmental Cleanup / *V. K. Yadav, K. K. Yadav, V. Tirth, A. Jangid et al. // Crystals.* — 2021. — Vol. 11 (9). — P. 1067. <https://doi.org/10.3390/cryst11091067>.
4. Surface structure changes on aluminosilicate microspheres at the interface with simulated body fluid / *M. Todea, B. Frentiu, R. F. V. Turcu, P. Berce, S. Simon // Corrosion Science.* — 2012. — Vol. 54. — P. 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2011.09.032>.
5. *Mukund J. Y.* Floating microspheres: a review / *J. Y. Mukund, B. R. Kantilal, R. N. Sudhakar // Braz.*

- J. Pharm. Sci.* — 2012. — No. 48 (1). <https://doi.org/10.1590/S1984-82502012000100003>.
6. *Wrona J.* Recovery of Cenospheres and Fine Fraction from Coal Fly Ash by a Novel Dry Separation Method / *J. Wrona, D. Bradlo, P. Czuprynski, W. Zukowski // Energies.* — 2020. — No. 13. — P. 3576. <https://doi.org/10.3390/en13143576>.
7. *Polymer Composites in Construction: An Overview / A. S. Mosallam, A. Bayraktar, M. Elmikawi, S. Pul, S. Adanur // SOJ Mater Sci Eng.* — 2013. — No. 2 (1). — 25 p. <http://dx.doi.org/10.15226/sojmse.2014.00107>.
8. Recent Progress on Wear-Resistant Materials: Designs, Properties, and Applications / *W. Zhai, L. Bai, R. Zhou, Fan X. et al. // Adv. Sci.* — 2021. — No. 8. — 2003739. <https://doi.org/10.1002/adv.202003739>.
9. Preparation of Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Composite Incorporated with Collagen-Functionalized Graphene Oxide for Green Tire Application / *A. Khan, L. K. Kian, M. Jawaid, A. A. P. Khan et al. // Gels.* — 2022. — No. 8. — 161 p. <https://doi.org/10.3390/gels8030161>.
10. Continuous Emulsion Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Process: Computer Simulation Study for Increasing Production and for Reducing Transients between Steady States / *Minari Roque, Gugliotta Luis, Vega Jorge, Meira G. // Industrial & Engineering Chemistry Research.* — 2006. — No. 45. — P. 245–257. <https://doi.org/10.1021/ie0504755>.
11. Microspheres as potential fillers in composite polymeric materials / *A. Magiera, M. Kuźnia, W. Jerzak, M. Ziabka et al. // E3S Web Conf.* — 2019. — No. 108. — 02009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910802009>.
12. *Свідерський В.* Хімічний склад і дисперсність зольних мікросфер / *В. Свідерський, В. Демченко // Товари і ринки.* — 2017. — № 1. — С. 69–79.
13. *Haustein E.* The characteristics of selected properties of the cenospheres — fraction of fly ash — by-product of coal combustion / *E. Haustein, B. Quant // Gospodarka Surowcami Mineralnymi — Mineral Resources Management.* — 2011. — Vol. 27. — No. 3. — P. 95–111.
14. *Vilmin F.* Fast and robust method for the determination of microstructure and composition in butadiene, styrene-butadiene, and isoprene rubber by nearinfrared spectroscopy / *F. Vilmin, C. Dussap, N. Coste // Appl Spectrosc.* — 2006. — No. 60 (6). — P. 619–30. <https://doi.org/10.1366/000370206777670675>.
15. *Bielinski D.* Modification of styrene-butadiene rubber with polymethylsiloxanes / *D. Bielinski, P. Głab, J. Chruściel // Polimery/Polymers.* — 2007. — No. 52. — P. 195–202. <https://doi.org/10.14314/polimery.2007.195>.
16. *Coveney V. A.* Abrasive Wear of Elastomers / *V. A. Coveney, D. E. Johnson // Elastomers and Components: Service Life Prediction — Progress and Challenges.* — 2006. — P. 113–138. <https://doi.org/10.1533/9781845691134>.
17. *Rubber, 3. Synthetic Rubbers, Introduction and Overview / D. Threadingham, W. Obrecht, W. Wieder, G. Wachholz, R. Engehausen // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* — 2011. https://doi.org/10.1002/14356007.a23_239.pub5.

REFERENCES

1. Haustein, E., & Quant, B. (2021). The characteristics of selected properties of the cenospheres — fraction of fly ash — by-product of coal combustion.

- Gospodarka Surowcami Mineralnymi* — [Mineral Resources Management]. 27 (3), 95–111.
2. Navid, Ranjbar, & Carsten, Kuenzel. (2017). Cenospheres: A review. *Fuel*, 207, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2017.06.059>.
 3. Yadav, V. K., Yadav, K. K., Tirth, V., Jangid, A., Gnana-moorthy, G., & Choudhary, N., et al. (2021). Advances in Methods for Recovery of Cenospheres from Fly Ash and Their Emerging Applications in Ceramics, Composites, Polymers and Environmental Cleanup. *Crystals*. 11 (9), 1067. <https://doi.org/10.3390/cryst11091067>.
 4. Todea, M., Frentiu, B., Turcu, R. F. V., Berce, P., & Simon, S. (2012). Surface structure changes on aluminosilicate microspheres at the interface with simulated body fluid. *Corrosion Science*. 54, 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2011.09.032>.
 5. Mukund, J. Y., Kantilal, B. R., & Sudhakar, R. N. (2012). Floating microspheres: a review. *Braz. J. Pharm. Sci.* 48 (1). <https://doi.org/10.1590/S1984-82502012000100003>.
 6. Wrona, J., Bradło, D., Czuprynski, P., & Zukowski, W. (2020). Recovery of Cenospheres and Fine Fraction from Coal Fly Ash by a Novel Dry Separation Method. *Energies*. 13. 3576. <https://doi.org/10.3390/en13143576>.
 7. Mosallam, A. S., Bayraktar, A., Elmikawi, M., Pul, S., & Adanur, S. (2013). Polymer Composites in Construction: An Overview. *SOJ Mater Sci Eng.* 2 (1), 25. <http://dx.doi.org/10.15226/sojmse.2014.00107>.
 8. Zhai, W., Bai, L., Zhou, R., Fan, X., Kang, G., Liu, Y., Zhou, K. (2021). Recent Progress on Wear-Resistant Materials: Designs, Properties, and Applications. *Adv. Sci.* 8, 2003739. <https://doi.org/10.1002/advs.202003739>.
 9. Khan, A., Kian, L. K., Jawaid, M., Khan, A. A. P., Alo-taibi, M. M., Asiri, A. M., & Marwani, H. M. (2022). Preparation of Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Composite Incorporated with Collagen-Functionalized Graphene Oxide for Green Tire Application. *Gels*. 8, 161. <https://doi.org/10.3390/gels8030161>.
 10. Minari, R., Gugliotta, L., Vega, J., & Meira, G. (2006). Continuous Emulsion Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Process: Computer Simulation Study for Increasing Production and for Reducing Transients between Steady States. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 45, 245–257. <https://doi.org/10.1021/ie0504755>.
 11. Magiera, A., Kuźnia, M., Jerzak, W., Ziąbka, M., Lach, R., & Handke, B. (2019). Microspheres as potential fillers in composite polymeric materials. *E3S Web Conf.*, 108, 02009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910802009>.
 12. Sviderskyi, V., & Demchenko, V. (2017). Khimichniy sklad i dyspersnist zolnykh mikrosfer [Chemical composition and dispersion of ash microspheres]. *Tovary i rynky* — Goods and markets, 1, 69–79. [in Ukr.].
 13. Hausteine, E., & Quant, B. (2011). The characteristics of selected properties of the cenospheres — fraction of fly ash — by-product of coal combustion. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* — Mineral Resources Management. 27 (3), 95–111.
 14. Vilmin, F., Dussap, C., & Coste, N. (2006). Fast and robust method for the determination of microstructure and composition in butadiene, styrene-butadiene, and isoprene rubber by near-infrared spectroscopy. *Appl Spectrosc.* 60 (6), 619–30. <https://doi.org/10.1366/00037020677670675>.
 15. Bielinski, D., Głab, P., & Chruściel, J. (2007). Modification of styrene-butadiene rubber with polymethylsiloxanes. *Polimery/Polymers*. 52, 195–202. <https://doi.org/10.14314/polimery.2007.195>.
 16. Coveney, V. A., & Johnson, D. E. (2006). *Abrasive Wear of Elastomers. Elastomers and Components. Service Life Prediction — Progress and Challenges*, 113–138. <https://doi.org/10.1533/9781845691134>.
 17. Threadingham, D., Obrecht, W., Wieder, W., Wachholz, G. & Engehausen, R. (2011). *Rubber, 3. Synthetic Rubbers, Introduction and Overview*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. https://doi.org/10.1002/14356007.a23_239.pub5.

O. A. PIVOVAROV, D. Sc. in Engineering, Professor

A. A. PAVLENKO, Teacher

INNOVATIVE APPLICATION OF ALUMINUM SILICATE MICROSPHERE (CENOSPHERE) AS AN EFFECTIVE FILLER IN COMPOSITE MATERIALS

Abstract. Aluminosilicate microspheres as industrial waste of thermal power plants as a result of the combustion of thermal coal are widely used in various industries due to the uniqueness of their physical and chemical properties. The paper considers the use of aluminosilicate microspheres in the technologies of creating composite materials based on butadiene-styrene and nitrile rubbers with increased properties of the obtained materials for abrasive wear. Changes in the typical characteristics of the obtained rubber composite materials due to the addition of aluminosilicate hollow microspheres in the amount of 1 to 8 mass percent to the rubber matrix were studied. The deformation-strength characteristics of the latest composites and the effect of aluminosilicate microspheres on the creation of tribotechnical polymer materials for general purposes are determined. It is shown that increasing the amount of aluminosilicate hollow microspheres in the range from 2 to 8 mass percent to butadiene-styrene and nitrile rubbers contributes to the stabilization of wear intensity values, which is a positive technological factor in the creation of composite materials with an innovative filler.

Keywords: aluminosilicate microspheres, butadiene-styrene, nitrile rubber, tribotechnical materials, deformation-strength characteristics, friction.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Півоваров Олександр Андрійович — д-р техн. наук, проф., проф. кафедри харчових технологій, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000; +38 (097) 342-46-60; apivo@ua.fm; ORCID: 0000-0003-0520-171X

Павленко Алла Анатоліївна — викладач кафедри харчових технологій, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000; +38 (097) 240-91-24; aavsaa@ukr.net; ORCID: 0000-0002-7580-3612

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pivovarov O. A. — D. Sc. in Engineering, Professor, Professor of the Department of food technology, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhiy Yefremov Str., Dnipro, 49000; +38 (097) 342-46-60; apivo@ua.fm; ORCID: 0000-0003-0520-171X

Pavlenko A. A. — Teacher of the Department of food technology, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhiy Yefremov Str., Dnipro, 49000; +38 (097) 240-91-24; aavsaa@ukr.net; ORCID: 0000-0002-7580-3612



<http://doi.org/10.35668/2520-6524-2023-2-07>

УДК 662.7+665.6

О. В. ТЕРТИШНА, д-р техн. наук, проф.

К. О. ЗАМІКУЛА, аспірант

О. О. ТЕРТИШНИЙ, канд. техн. наук, доц.

ВПЛИВ РОСЛИННИХ ПРИСАДОК НА ФЛОКУЛЯЦІЮ АСФАЛЬТЕНІВ У НАФТОВИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ

Резюме. У статті розглянуто наявні інгібітори флокуляції асфальтенів у нафтових дисперсних системах — нафторозчинні поверхнево-активні речовини різної природи. Запропоновано використання в ролі інгібіторів флокуляції поверхнево-активних речовин рослинного походження — фосфатидного концентрату та натрію сульфосукцинату. Досліджено процес флокуляції асфальтенів на модельних сумішах асфальтенів різної концентрації з толуолом та осадниками, а також вплив запропонованих інгібіторів на агрегативну стійкість сумішей. Фотоколориметричним методом визначено точку початку флокуляції (точку онсет) кожної суміші.

Ключові слова: нафтові дисперсні системи, асфальтени, інгібітори флокуляції, точка онсет.

ВСТУП

Асфальтени як найбільш полярна фракція нафти виявляють значну поверхневу активність. Прогнозування фазової поведінки асфальтенів у нафтових дисперсних системах є актуальною проблемою для нафтової промисловості, особливо зараз, коли спостерігається стійка тенденція зростання обсягів переробки важкої нафти, що характеризується їх високим вмістом. При концентруванні асфальтенових розчинів і зміні температури, з'являються асоціати, які структурують нафтові системи — нафта стає більш в'язкою. Також від кількості асфальтенів у нафті залежать її реологічні властивості. Формування відкладів на робочих поверхнях вик-

ликає проблемні ситуації в нафтотехнологічних процесах.

У нафтових дисперсних системах (НДС) асфальтенові частки є структуроутворювальними елементами і головним компонентом дисперсної фази. Композиційні зміни дисперсного середовища впливають на внутрішню структуру дисперсної системи. Процес флокуляції асфальтенів означає втрату системою кінетичної стійкості [1].

Знання про вплив важких асфальтенових сполук у робочих умовах процесів транспортування та переробки нафти надасть можливість із високою точністю моделювати процеси утворення асфальтенів і запобігати утворенню відкладів.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Транспортування, зберігання та переробка нафтової сировини з високим вмістом важких компонентів, зокрема асфальтенів, може спричинити серйозні проблеми в роботі технологічного обладнання та призвести до забруднення навколишнього середовища через утворення асфальто-смоло-парафінових відкладів (АСПВ) на стінках технологічного обладнання.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Розробка та застосування диспергаторних присадок та інгібіторів флокуляції асфальтенів є перспективним засобом запобігання утворенню АСПВ. Існує серія досліджень, згідно з якими механізм дії інгібіторів утворення АСПВ пояснюється взаємодією молекул інгібітора з молекулами асфальтенів, що входять до складу АСПВ та сприяють зниженню сил когезії [2–4].

У дослідженнях щодо створення інгібіторів утворення АСПВ переважає напрям використання синтетичних індивідуальних нафторозчинних сополімерів або поверхнево-активних речовин (ПАР): сополімерів етилену з вінілацетатом [2], цетилпіридин-хлориду [3], ді- та трикарданоксіамінів [4].

У працях [5–8] в ролі інгібіторів процесу флокуляції асфальтенів досліджено дію син-

тетичних ПАР неіоногенного (нонілфенол) та аніонного (додецилбензолсульфофосфат) походження.

Альтернативним напрямом розробки інгібіторів утворення АСПВ є використання природних ПАР та отриманих із рослинної сировини [9; 10].

Використання ПАР з рослинної сировини як інгібіторів утворення АСПВ для запобігання флокуляції асфальтенів, а також аналіз їхньої ефективності на цей момент потребує подальшого поглибленого вивчення.

Мета статті полягає в тому, щоб визначити ефективність дії ПАР рослинного походження, його групового складу на процес флокуляції асфальтенів і встановити закономірності процесу.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є асфальтени, виділені з первинних АСПВ асфальтової природи нафти типу BLEND, та модельні суміші асфальтенів із толуолом та осадниками, в якості яких обрано н-гексан або н-гептан. Характеристику АСПВ наведено в **табл. 1** [10].

Асфальтени виділялися методом осадження н-алканами [11], дотримуючись рекомендацій чинного стандарту ASTM D 6560-00/IP 143 "Стандартний метод виділення асфальтенів (фракції, нерозчинної в гептані) з нафти і нафтопродуктів".

Оцінювання дисперсного стану асфальтенів та їх схильності до виділення дисперсних часток проводили визначенням точки початку флокуляції асфальтенів (точки онсет) в модельних сумішах, які складалися з толуолу, що виступав як розчинник. У ролі осадника використовували н-гексан або н-гептан.

Характеристика розчинника та осадників наведені в **табл. 2**.

Точку онсет визначали як мінімальну кількість компонента-осадника, що є необхідною для початку осадження асфальтенів у розчині.

Модельні розчини асфальтенів готували в толуолі. Зразки асфальтенів зважували на аналітичних вагах. Наважку (0,02, 0,03, 0,06 та 0,15 г) розчиняли у 10 мл толуолу при кімнатній температурі та перемішували. Приготовлені розчини витримували в щільно закритій ємності для запо-

Таблиця 1

Характеристика АСПВ

Показники	Значення
Органічна частина, % мас.	94,90
Неорганічні речовини, % мас.	1,83
Густина, г/см ³	0,94
Температура плавлення, °С	46
Смоли, % мас.	14,12
Асфальтени, % мас.	18,45
Парафіни, % мас.	24,92
Вміст механічних домішок, % мас.	3,27

Таблиця 2

Характеристика розчинника та осаджувачів

Розчинник/осаджувачі	Густина, г/см ³	Молекулярна маса, г/моль	Кваліфікація
толуол	0,867	92,14	ХЧ
н-гексан	0,660	86,18	
н-гептан	0,684	100,21	

бігання випаровуванню толуолу протягом 12 годин до повного розчинення наважки.

У процесі дослідження фіксували кількість осадника, необхідного для ініціації випадіння асфальтенів. До зразків розчину асфальтенів у толуолі до розчину додавали порції осаджувача зі швидкістю 0,2 мл/хв при постійному перемішуванні. Швидкість етапів експерименту підбирали на підставі рекомендацій ASTM D6703-01 щодо процедури визначення початкової точки флокуляції асфальтенів у розчині [12].

Визначення точки онсет проводили відстеженням зміни оптичної густини розчину на фіксованій довжині хвилі, залежно від збільшення кількості осаджувача в системі. Експеримент у видимій області спектра з використанням фотоелектричного фотометра КФК-3. Характеристики приладу представлено в **табл. 3**.

У процесі додавання осаджувача оптична густина вихідного зразка спочатку падала внаслідок “розведення” до досягнення моменту флокуляції асфальтенів — точки онсет. Оптична густина зростала завдяки генерації часток асфальтенів. Однак додавання осаджувача не було істинним розведенням, оскільки кожна його нова порція рухала систему в бік формування частинок асфальтенів і склад бінарного розчину постійно змінювався, що впливало на інтенсивність аналітичного сигналу.

Точку онсет представляли як молярну частку толуолу γ в суміші:

$$\gamma = \frac{X_T}{X_T + X_P} = \frac{1 - X_P}{X_T + X_P} \quad (1)$$

де X_T і X_P — кількість молей толуолу і осадника (гексана або гептана) в об’ємі.

Довжина кювети становила 1,0 мм. Усі експерименти проведені за температури 20 °С.

Для затримки флокуляції у важких нафтових системах застосовували органічно-розчинні

поверхнево-активні речовини — натрію сульфосукцинат на основі моно- та дигліцеридів жирних кислот і фосфатидний концентрат, синтезовані з екологічно безпечних відходів виробництва ріпакової та соняшникової олій, які біорозкладаються та асимілюються природною біосистемою [9].

Для визначення точки онсет модельних сумішей, які містять ПАР, за вищенаведеною методикою були приготовані зразки, у яких роль розчинника виконувала суміш 95 % мас. толуолу та 5 % мас. кожної з ПАР. Фосфатидний концентрат попередньо подрібнювали.

Ефективність ПАР оцінювали за формулою:

$$\eta = \frac{\gamma_0 - \gamma}{\gamma_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

де γ_0 і γ — точки онсет при використанні в ролі розчинника толуолу та толуолу з ПАР.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На **рис. 1** представлено результати експерименту з вибору довжини хвилі (700 нм, 740 нм, 750 нм) для вимірювань точки онсет на залежностях оптичної густини від мольної частки толуолу в модельній системі.

Аналіз **рис. 1** показав, що мінімум оптичної густини найбільш чітко спостерігається на 750 нм, тому цю довжину хвилі обрано для подальших експериментів.

Точка онсет фіксувалася при $\gamma = 0,413$ відповідно до **формули (1)**. Після початку флокуляції асфальтенів, оптична густина зростає за рахунок розсіювання на новостворених частинках.

Графіки зміни оптичної густини для толуольних розчинів асфальтенів у діапазоні концентрацій 2, 3, 6 та 15 г/л при титруванні гептаном/гексаном представлені на **рис. 2, 3**.

Зі зростанням концентрації асфальтенів у толуольних розчинах зменшується кількість

Таблиця 3

Технічна специфікація та експериментальні параметри фотоелектричного фотометра КФК-3

Параметр	Значення
Спектральний діапазон, нм	315–990
Спектральний інтервал, нм	не більше 5
Межа основної абсолютної похибки установки довжини хвилі, нм	3
Межа допустимого значення середнього квадратичного відхилення випадкової складової основної абсолютної похибки при вимірюванні оптичної густини, не більше	0,003
Джерело випромінювання	лампа галогенна КГМ 12-10-2

осадника, що є необхідним для початку процесу їх випадіння. При малих концентраціях асфальтени ефективно розчинені в толуолі, а для початку процесу флокуляції необхідними є великі кількості осадника. При зростанні концентрації — осадника потрібно менше.

Результати визначення точки онсет для розчину 15 г/л асфальтенів у толуолі, а також для розчинів, які містили 5 % мас. кожного з ПАР наведені на **рис. 4, 5**.

З **рис. 4, 5** зрозуміло, що додавання ПАР рослинного походження зміщує точку онсет у бік менших концентрацій толуолу в суміші з

осадником, а отже, перешкоджає флокуляції асфальтенів. Додавання фосфатидного концентрату виявилось більш ефективним у порівнянні з натрію сульфосукцинатом (0,379 та 0,403 мольних часток толуолу в суміші з гексаном; 0,365 та 0,393 мольних часток толуолу в суміші з гексаном відповідно).

Аналогічно були визначені точки онсет при додаванні ПАР для концентрацій АСПВ 2, 3 та 6 г/л. Результати вимірювання концентраційної залежності моменту випадіння асфальтенів при використанні різних розчинників та осадників представлено на **рис. 6**.

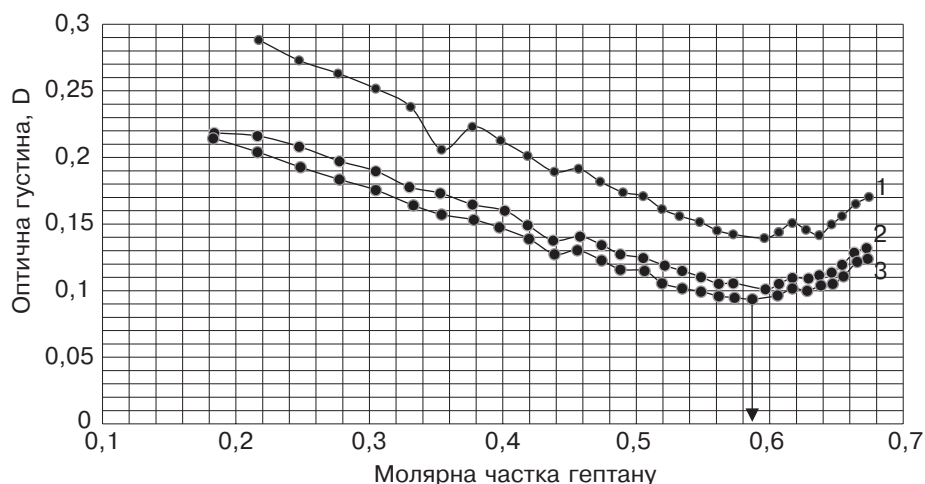


Рис. 1. Графік кривих оптичної густини при титруванні асфальтенів у розчині толуолі

Примітка: криві оптичної густини на довжинах хвиль: при титруванні асфальтенів в толуолі при концентрації 2 г/л н-гептаном: 1) 700 нм; 2) 740 нм; 3) 750 нм.

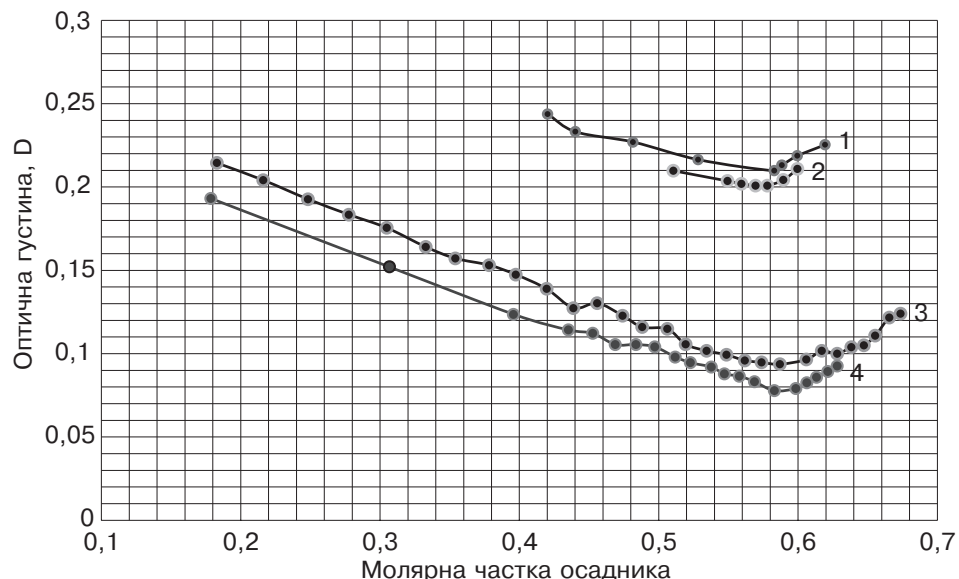


Рис. 2. Графік змін оптичної густини для розчинів асфальтенів у толуолі

Примітка: зміни оптичної густини на довжині хвилі 750 нм для розчинів асфальтенів у толуолі в діапазоні концентрацій 2 і 3 г/л при титруванні гептаном або гексаном: 1) 3 г/л, н-гексан; 2) 3 г/л, н-гептан; 3) 2 г/л, н-гептан; 4) 2 г/л, н-гексан.

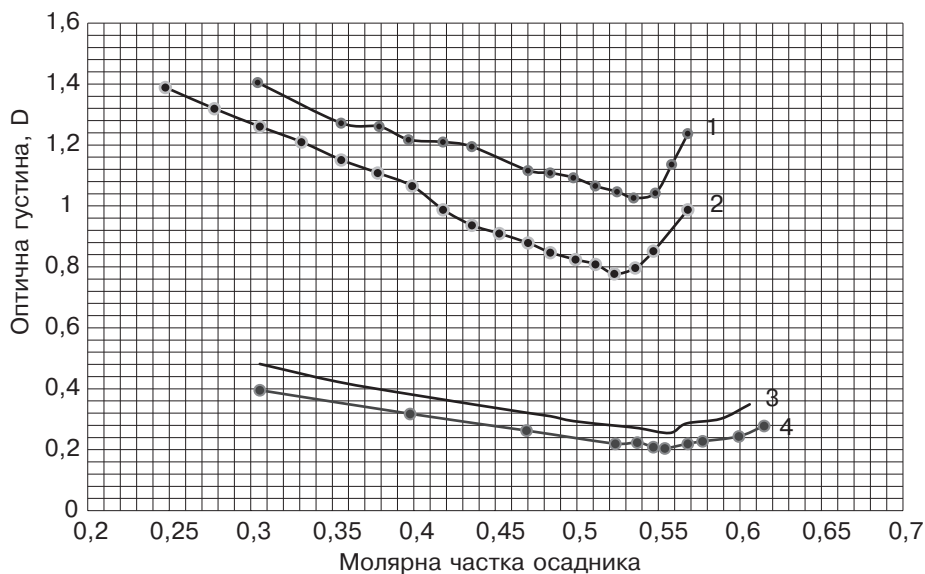


Рис. 3. Графік зміни оптичної густини для толуольних розчинів асфальтенів

Примітка: зміни оптичної густини на довжині хвилі 750 нм для толуольних розчинів асфальтенів у діапазоні концентрацій 6 і 15 г/л при титруванні гептаном або гексаном: 1) 15 г/л, н-гептан; 2) 15 г/л, н-гексан; 3) 6 г/л, н-гептан; 4) 6 г/л, н-гексан.

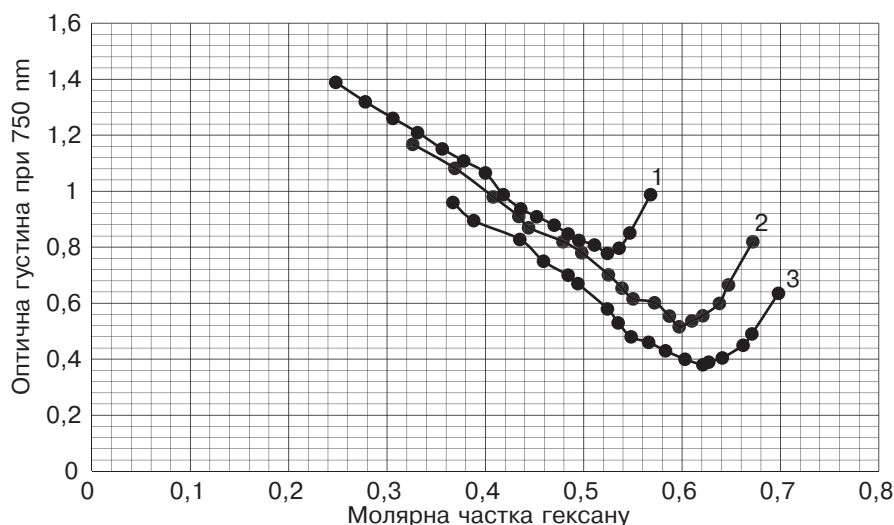


Рис. 4. Графік визначення точки онсет розчинів АСПВ в сумішах розчинник/н-гексан

Примітка: визначення точки онсет розчинів АСПВ в сумішах розчинник/н-гексан, де розчинник: 1) толуол, 2) толуол + 5 % сульфосукцинату натрію; 3) толуол + 5 % фосфатидного концентрату.

З рис. 6 видно, що точка онсет для концентрації асфальтенів 2 г/л при осадженні гептаном настає за молярної частки толуолу 0,413 і 0,417 при осадженні гексаном. Точка онсет для концентрації асфальтенів 3 г/л фіксується за молярної частки толуолу 0,422 з гептаном і 0,425 з гексаном. Онсет для концентрації 6 г/л розчину спостерігається за молярної частки толуолу 0,443 для гептану і 0,446 для гексану. Для концентрації 15 г/л розчину онсет настає за молярної частки толуолу 0,465 в разі використання гептану і 0,477 — у разі гексану.

Для обраних зразків асфальтенів, титрування н-гептаном призводить до затримки онсет у порівнянні з гексаном.

У момент онсет асфальтенів значення мольних часток толуолу в системі становлять від 0,417 до 0,477 в разі титрування гексаном (2 і 15 г/л), а при титруванні гептаном точки онсет, для того ж діапазону концентрацій, лежать нижче і становлять від 0,413 до 0,465.

Для обраних зразків асфальтенів, титрування н-гептаном призводить до затримки онсет у порівнянні з гексаном. Також з рис. 6 зрозуміло,

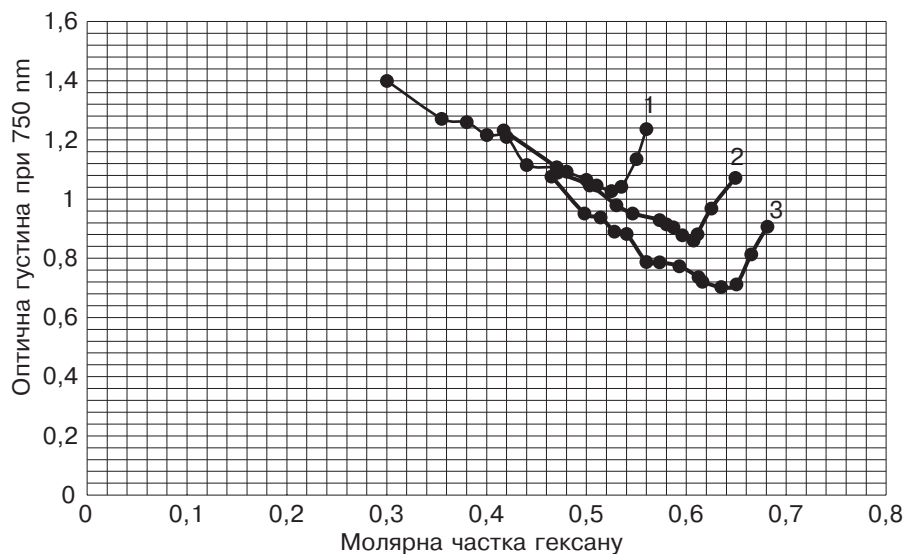


Рис. 5. Графік визначення точки онсет розчинів асфальтенів у сумішах розчинник/н-гептан

Примітка: визначення точки онсет розчинів асфальтенів в сумішах розчинник/н-гептан, де розчинник: 1) толуол; 2) толуол + 5 % сульфосукцинату натрію; 3) толуол + 5 % фосфатидного концентрату.

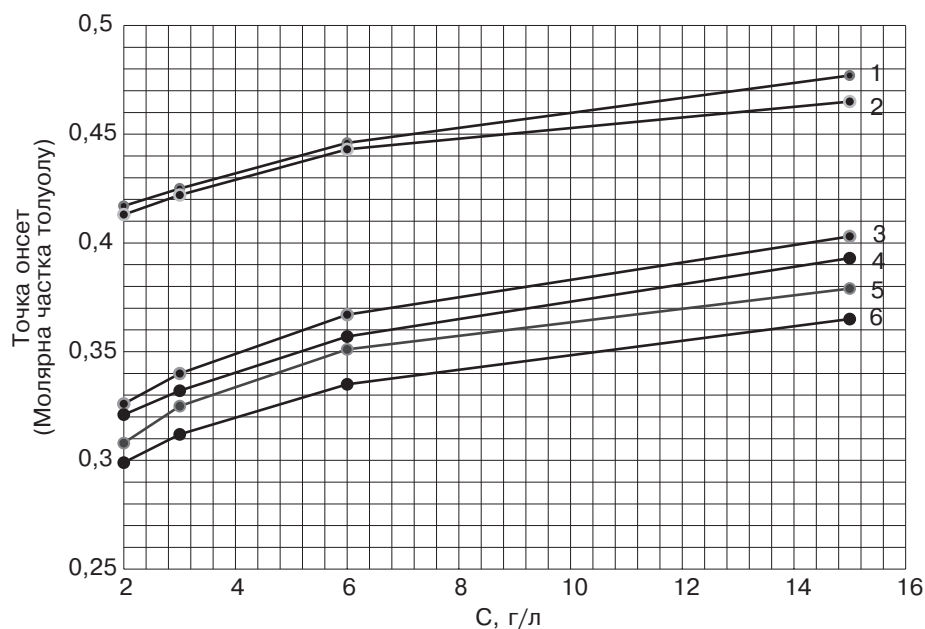


Рис. 6. Графік концентраційної залежності початку флокуляції асфальтенів у модельних сумішах

Примітка: концентраційної залежності початку флокуляції асфальтенів у модельних сумішах: 1) толуол-гексан; 2) толуол-гептан; 3) (толуол+сульфосукцинат натрію)-гексан; 4) (толуол+сульфосукцинат натрію)-гептан; 5) (толуол+фосфатидний концентрат)-гексан; 6) (толуол+фосфатидний концентрат)-гептан.

що при додаванні ПАР до розчинів із різними концентраціями асфальтенів зберігаються описані вище закономірності: по всьому діапазону концентрацій асфальтенів спостерігається зміщення точки онсет у бік менших концентрацій толуолу, причому фосфатидний концентрат показав більшу ефективність у порівнянні з натрію сульфосукцинатом (для концентрації асфальтенів 15 г/л 20,5 % та 15,5 % при осадженні гекса-

ном і 21,5 % та 15,5 % при осадженні гептаном відповідно), водночас н-гексан виявився сильнішим осадником у порівнянні з н-гептаном.

ВИСНОВКИ

1. Експериментально визначено початок флокуляції (точка онсет) асфальтенів у модельних системах методом фіксації оптичної густини на довжині хвилі 750 нм.

2. Оцінено вплив ПАР рослинного походження на процес флокуляції асфальтенів. Представлений підхід дав змогу оцінити зміни розподілу компонентів бінарного розчину (толуол і осадник) асфальтенів у момент втрати ними агрегаційної стабільності або на початковій стадії випадання асфальтенів (онсет).

3. Доведено ефективність застосування нафтію сульфосукцинату та природних фосфатидів як інгібіторів процесу флокуляції асфальтенів, яка зумовлена високою полярністю зв'язків сульфатної та фосфатної груп, що пояснюється високою поверхневою активністю цих класів сполук.

4. Вуглеводнева частина з одним або двома радикалами жирних кислот різної молекулярної маси і ступеня ненасиченості забезпечує присадкам міцне закріплення на поверхні частинок асфальтенів і створює щільні захисні шари з великою кількістю функціональних груп — амідних, карбоксильних і фосфатидних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ahmadi M. Challenges and future of chemical assisted heavy oil recovery processes / M. Ahmadi, Z. Chen // *Advances in Colloid and Interface Science*. — 2019. — No. 23. — 102081. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102081>.
2. Ren Y. Preparation and Evaluation of Modified Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer as Pour Point Depressant and Flow Improver for Jiangnan Crude Oil / Y. Ren, Z. Chen, H. Du, L. Fang, X. Zhang // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. — 2017. — No. 56 (39). — P. 11161–11166. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b02929>.
3. Kwon E. H. Effect of alkyl chain length of ionic surfactants on selective removal of asphaltene from oil sand bitumen / Eun Hee Kwon, Kang Seok Go, Nam Sun Nho, Kwang Ho Kim // *Energy & Fuels*. — 2018. — No. 32 (9). — P. 9304–9313. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b01933>.
4. Atta A. M. Demulsification of heavy crude oil using new nonionic cardanol surfactants / A. M. Atta, M. M. S. Abdullah, H. A. Al-Lohedan, A. O. Ezzat // *Journal of Molecular Liquids*. — 2018. — No. 252. — P. 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.12.154>.
5. Balestrin L. B. da S. Direct Assessment of Inhibitor and Solvent Effects on the Deposition Mechanism of Asphaltenes in a Brazilian Crude Oil / L. B. da S. Balestrin, R. D. Francisco, C. A. Bertran, M. B. Cardoso, W. Loh // *Energy & Fuels*. — 2019. — No. 33 (6). — P. 4748–4757. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00043>.
6. Chen C. Study of asphaltene dispersion and removal for high-asphaltene oil wells / C. Chen et al. // *Petroleum Sci.* — 2012. — No. 9 (4). — P. 551–557. <https://doi.org/10.1007/s12182-012-0242-5>.
7. Marcano F. Understanding the Kinetics of Asphaltene Precipitation from Crude Oils / F. Marcano, L. G. Moura, F. M. Cardoso, P. T. Rosa. — Michigan : The University of Michigan, 2015.
8. Al-Sahhaf T. A. Retardation of asphaltene precipitation by addition of toluene, resins, deasphalted oil and surfactants / T. A. Al-Sahhaf, M. A. Fahim, A. S. Elkilani // *Fluid Phase Equilibria*. — 2022. —

No. 194. — P. 1045–1057. [https://doi.org/10.1016/s0378-3812\(01\)00702-6](https://doi.org/10.1016/s0378-3812(01)00702-6).

9. Тертишна О. В. Синтез і випробування присадок рослинного походження / О. В. Тертишна, К. О. Замікула, В. В. Поліщук, К. М. Сухий // *Питання хімії та хімічної технології*. — 2022. — № 3. — С. 83–91.
10. Tertyshna O. V. Kinetics of dissolution of asphalt-resin-paraffin deposits when adding dispersing agents / O. V. Tertyshna, K. O. Zamikula, K. M. Sukhyi, M. V. Toropin, K. S. Burmistrov // *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. — 2022. — No. 4. — P. 84–91. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-143-4-84-91>.
11. Тертишна О. В. Розвиток наукових основ ресурсозберігаючої технології переробки нафти: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.07 / О. В. Тертишна. — Дніпро, 2021. — 352 с.
12. Safieva J. O. Composition of asphaltene solvate shell at precipitation onset conditions and estimation of average aggregate sizes in model oils / J. O. Safieva, V. V. Likhatsky, V. M. Filatov, R. Z. Syunyaev // *Energy & Fuels*. — 2010. — No. 24 (4). — P. 2266–2274. <https://doi.org/10.1021/ef900901w>.

REFERENCES

1. Ahmadi, M., & Chen, Z. (2019). Challenges and future of chemical assisted heavy oil recovery processes. *Advances in Colloid and Interface Science*, 23, 102081. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102081>.
2. Ren, Y., Chen, Z., Du, H., Fang, L., & Zhang, X. (2017). Preparation and Evaluation of Modified Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer as Pour Point Depressant and Flow Improver for Jiangnan Crude Oil. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56 (39), 11161–11166. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b02929>.
3. Kwon, E. H., Go, K. S., Nho, N.-S., & Kim, K. H. (2018). Effect of alkyl chain length of ionic surfactants on selective removal of asphaltene from oil sand bitumen. *Energy & Fuels*, 32 (9), 9304–9313. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b01933>.
4. Atta, A. M., Abdullah, M. M. S., Al-Lohedan, H. A., & Ezzat, A. O. (2018). Demulsification of heavy crude oil using new nonionic cardanol surfactants. *Journal of Molecular Liquids*, 252, 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.12.154>.
5. Balestrin, L. B. da S., Francisco, R. D., Bertran, C. A., Cardoso, M. B., & Loh, W. (2019). Direct Assessment of Inhibitor and Solvent Effects on the Deposition Mechanism of Asphaltenes in a Brazilian Crude Oil. *Energy & Fuels*, 33(6), 4748–4757. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00043>.
6. Chen, C., et al. (2012). Study of asphaltene dispersion and removal for high-asphaltene oil wells. *Petroleum Sci.* 9 (4), 551–557. <https://doi.org/10.1007/s12182-012-0242-5>.
7. Marcano, F., Moura, L. G., Cardoso, F. M., & Rosa, P. T. (2015). *Understanding the Kinetics of Asphaltene Precipitation from Crude Oils*. The University of Michigan.
8. Al-Sahhaf, T. A., Fahim, M. A., & Elkilani, A. S. (2002). Retardation of asphaltene precipitation by addition of toluene, resins, deasphalted oil and surfactants. *Fluid Phase Equilibria*, 194, 1045–1057. [https://doi.org/10.1016/s0378-3812\(01\)00702-6](https://doi.org/10.1016/s0378-3812(01)00702-6).
9. Tertyshna, O. V., Zamikula, K. O., Polishchuk, V. V., & Sukhyi, K. M. (2022). Syntez i vyprobuvannya prysadok roslynnoho pokhodzhennia. [Synthesis and testing of additives of plant origin]. *Pytannia khimii*

- ta khimichnoi tekhnologii. [Questions of chemistry and chemical technology]. 3, 83–91. [in Ukr.].*
10. Tertyshna, O. V., Zamikula, K. O., Sukhyy, K. M., & Toropin, K. S. (2022). Kinetics of dissolution of asphalt-resin-paraffin deposits when adding dispersing agents. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 4, 84–91. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-143-4-84-91>.
 11. Tertyshna, O. V. (2021). Rozvytok naukovykh osnov resursozberihaiuchoi tekhnologii pererobky nafty [Development of scientific foundations of resource-saving technology of oil processing]. *Doctor of Science thesis*. Dnipro. 352 p. [in Ukr.].
 12. Safieva, J. O., Likhatsky, V. V., Filatov, V. M., & Syunyaev, R. Z. (2010). Composition of asphaltene solvate shell at precipitation onset conditions and estimation of average aggregate sizes in model oils. *Energy&Fuels*. 24 (4), 2266–2274. <https://doi.org/10.1021/ef900901w>.

O. V. TERTYSHNA, D. Sc. in Engineering, Professor

K. O. ZAMIKULA, Postgraduate Student

O. O. TERTYSHNYI, PhD in Engineering

THE INFLUENCE OF VEGETABLE ADDITIVES ON THE FLOCCULATION OF ASPHALTENES IN OIL DISPERSED SYSTEMS

Abstract. *The study examines the existing asphaltene flocculation inhibitors in oil dispersed systems — oil-soluble surfactants of various nature. It is proposed to use cheap surfactants of vegetable origin as flocculation inhibitors — phosphatide concentrate and sodium sulfosuccinate. The process of flocculation of asphaltenes on model mixtures of asphaltenes of different concentrations with toluene and precipitants, as well as the influence of the proposed inhibitors on the aggregative stability of the mixtures, was studied. The flocculation starting point (onset point) of each mixture was determined by the photocolormetric method.*

Keywords: *oil dispersed systems, asphaltenes, flocculation inhibitors, onset point.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Тертишна Олена Вікторівна — д-р техн. наук, проф., Державний вищий навчальний заклад “Український державний хіміко-технологічний університет”, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, Україна, 49005; +38 (066) 224-93-66; elenateert@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3054-9291

Замікула Костянтин Олександрович — аспірант, Державний вищий навчальний заклад “Український державний хіміко-технологічний університет”, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, Україна, 49005; +38 (096) 343-87-51; zamikula_1994@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5139-6429

Тертишний Олег Олександрович — канд. техн. наук, доц., Дніпровський державний агро-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49005; +38 (066) 224-93-61; tertyshnyi.o.o@dsau.dp.ua; ORCID: 0000-0002-9315-6826

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tertyshna O. V. — D. Sc. in Engineering, Professor, State institution of higher education “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharin Av., Dnipro, Ukraine, 49005; +38 (066) 224-93-66; elenateert@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3054-9291

Zamikula K. O. — Postgraduate Student, State institution of higher education “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharin Av., Dnipro, Ukraine, 49005; +38 (096) 343-87-51; zamikula_1994@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5139-6429

Tertyshnyi O. O. — PhD in Engineering, Associate Professor, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhiy Yefremov Str., Dnipro, Ukraine, 49005; +38 (066) 224-93-61; tertyshnyi.o.o@dsau.dp.ua; ORCID: 0000-0002-9315-6826



А. В. ЯЦИШИН, д-р пед. наук, с. н. с.

Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.

Т. М. ЯЦИШИН, д-р техн. наук, доц.

А. С. СУХІХ, канд. пед. наук

РОЛЬ Е-ІНФРАСТРУКТУР У ПІДТРИМЦІ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Резюме. У статті окреслено роль е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності та розглянуто виклики і перспективи, що пов'язані з її використанням. У цифровому світі е-інфраструктури відіграють важливу роль у полегшенні доступу до наукової інформації, спільному використанні даних і співпраці між науковими колективами. Здійснено огляд основних видів е-інфраструктур України (Український Національний Грід (УНГ), Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа (УРАН), GÉANT та Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ)) та описано їх ключові характеристики. До головних переваг використання е-інфраструктури для підтримки та виконання наукових досліджень зараховуємо такі: доступ до інфраструктури та ресурсів; підтримка різних наукових галузей; спільна робота та колаборація; висока продуктивність та ефективність; інтеграція з міжнародними ініціативами; забезпечення безпеки та конфіденційності; сприяння розвитку національної науково-технологічної спільноти. Описано основні функції е-інфраструктур. Наголошено на важливому впливі е-інфраструктури на наукову спільноту, а саме: відбулися значні зміни в організації та спілкуванні науковців завдяки е-інфраструктурам і зараз взаємодія між науковими галузями та науковими спільнотами відбувається через платформи е-інфраструктур. Описано досвід авторів статті щодо популяризації цифрових сервісів та е-інфраструктур шляхом проведення наукових масових заходів для українських учених. Наголошено на більш активному використанні вченими та здобувачами освіти е-інфраструктур і розумінні їх потенціалу для підвищення ефективності та якості наукових досліджень.

Ключові слова: цифрова трансформація, е-інфраструктура, наукова діяльність, цифрові сервіси.

ВСТУП

Цифрова трансформація науки в умовах євроінтеграції означає перехід до використання сучасних цифрових технологій та інструментів у науковій діяльності з метою покращення результативності, ефективності та конкурентоспроможності.

На сайті Міністерства освіти та науки (МОН) України зазначено, що “цифрова трансформація у сфері освіти і науки — це комплексна робота над побудовою екосистеми цифрових рішень у сфері освіти та науки, включно зі створенням безпечного електронного освітнього середовища, забезпеченням необхідної цифрової інфраструктури закладів та установ освіти і науки, підвищення рівня цифрової компетентності, цифровою трансформацією процесів та послуг, а також автоматизацією збору і аналізу даних” [20].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розвиток цифрових сервісів та інфраструктур є важливим фактором для інтеграції України до Європейського дослідницького простору та Єдиного цифрового ринку Європейського Союзу. Такі глобальні виклики, як пандемія

і російська агресія, виявили необхідність активного використання цифрових сервісів та е-інфраструктур у наукових установах (НУ) для задоволення освітньо-наукових потреб.

У Законі України “Про наукову і науково-технічну діяльність” від 26 листопада 2015 р. № 848-VIII (зі змінами та доповненнями) поняття “дослідницька інфраструктура” визначено “як сукупність засобів, ресурсів та пов'язаних із ними послуг, які використовуються науковим співтовариством для проведення досліджень на найвищому рівні, що охоплює найважливіші об'єкти наукового устаткування та обладнання або набори приладів, ресурси, що базуються на знаннях (колекції, архіви, депозитарії або банки даних наукової інформації), інфраструктуру, засновану на технології комунікацій (грід, комп'ютери, програмне забезпечення і мережевий зв'язок), та інші структури унікального характеру. Дослідницькі інфраструктури можуть бути локально розташованими, віртуальними або розподіленими (організована мережа ресурсів), державними або приватними. Дослідницькі інфраструктури можуть входити до міжнародних мереж”. Також у документі зазначено, що “Держава забезпечує: створення сучасної

наукової інфраструктури і системи інформаційного забезпечення наукової і науково-технічної діяльності, інтеграцію освіти, науки і виробництва” [12].

У проєкті документа “Концепція реалізації державної політики розвитку українських е-інфраструктур до 2023 року” [19] подано визначення поняття “Е-інфраструктура”, де вказано, що це “окремий різновид цифрових інфраструктур, основним завданням яких є отримання, зберігання, управління та інтеграція дослідницьких даних, їх глибинний аналіз, візуалізація, створення моделей на їх основі, інші види обробки наукової інформації та даних, а також послуги обчислення та комунікації, які надаються шляхом використання мережі Інтернет і, як наслідок, можуть здійснюватися не обмежуючись рамками однієї інституції”. Термін “е-інфраструктура” об’єднує в собі цифрові технології (апаратне та програмне забезпечення тощо), ресурси (дані, послуги, цифрові бібліотеки, архіви, репозитарії тощо), комунікації (протоколи, права доступу, мережі тощо), а також інституції, що необхідні для їх координації, використання наявних потужностей та управління ними [19].

Україна має різноманітні типи е-інфраструктур, які виконують різні функції та завдання, пристосовані до потреб суспільства. Особливу увагу варто приділити цифровим сервісам та е-інфраструктурам, які підтримують розвиток науково-освітнього простору та забезпечують його ефективну роботу. Головними видами е-інфраструктур України є [19]:

- е-інфраструктури, які призначені для проведення розподілених обчислень, зокрема Національна цифрова інфраструктура для розподілених обчислень Український Національний Грід (УНГ);
- е-інфраструктури, які призначені для накопичення, зберігання, систематизації, аналізу та надання доступу до наукових даних і публікацій, зокрема Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ);
- е-інфраструктури, які призначені для забезпечення комунікації та мережевого зв’язку, зокрема з європейськими та світовими е-інфраструктурами через мережу GÉANT, Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа (УРАН);
- Українська академічна і дослідницька мережа Інституту фізики конденсованих систем НАН України (УарНЕТ).

Поряд з іншими ініціативами, в Україні з 2019 р. виконується програма цифрових реформ, яку підтримує EU4Digital. На сайті <https://eufordigital.eu/uk> вказано, що програма

EU4Digital охоплює низку заходів, що спрямовані на розвиток ключових сфер цифрової економіки та суспільства згідно з нормами та практиками ЄС. У рамках цієї ініціативи ЄС сприяє зниженню тарифів на роумінг, розширенню доступу до високошвидкісного широкосмугового зв’язку з метою стимулювання економіки та розширення електронних послуг, забезпеченню кібербезпеки та гармонізації цифрових структур у суспільстві в різних галузях знань, підвищенню кваліфікації та створенню робочих місць у цифровій індустрії. Ініціатива EU4Digital сприяє доступу до загальноєвропейських онлайн-сервісів для громадян, державних установ і підприємств, щоб підтримати стійку цифрову трансформацію.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Наразі розвиток дослідницьких інфраструктур є темою для досліджень зарубіжних і вітчизняних дослідників. Проаналізуємо їх детальніше.

Зарубіжні вчені [9] вказують на те, що цифрові інфраструктури, які надають цифрові можливості, такі як зберігання та обчислювальні послуги, відчувають постійно зростаючий попит на споживання даних, який, як очікується, лише зросте в майбутньому. Описано результати проведеного дослідження щодо застосування цифрових інфраструктур. Дослідники дійшли висновків про те, що цифрова інфраструктура стане більш розподіленою, поки не буде можливим динамічно розподіляти ресурси відповідно до часу, простору та енергії. Численні рішення підтримають цю зміну, проте передбачається, що цифрові інфраструктури зможуть стабільно розвиватися лише шляхами: а) отримання ширшої обізнаності про цифрову стійкість; б) забезпечення відповідальності кожної сторони за їх стійкість у всьому ланцюжку створення вартості; в) встановлення міждоменної взаємодії [9].

Колективом зарубіжних вчених у роботі [5] визначено, що дослідницькі інфраструктури та їхні сховища даних розміщують дані та роблять їх доступними для дослідників, але рідко пропонують обчислювальне середовище для аналізу даних. Розглянуто чинні підходи до покращення доступу до даних про навколишнє середовище, щоб сприяти більш швидкому аналізу даних в обчислювальних середовищах і, таким чином, сприяти більш бездоганній інтеграції даних та аналізу. Аналізуючи сучасні підходи та рішення, які впроваджують провідні світові дослідницькі інфраструктури навколишнього середовища, висвітлено наявні методи інтерфейсу сховищ даних із обчислювальними середовищами та виклики, які виникають у майбутньому. Це проблематично, з огляду на нові вимоги до FAIR

(доступних для пошуку, доступних, сумісних і повторно використовуваних) даних загалом, і проблематично для бездоганної інтеграції даних і аналізу зокрема. Описано ключовий підхід, що включає програмні бібліотеки, які оптимізують читання даних і метаданих в обчислювальних середовищах. Запропоновано дорожню карту та ключові моменти дій для гармонізації технологій, які створюють основу для ефективної інтеграції даних та аналізу [5].

У публікації [1] подано короткий аналіз тематичних сервісів EOSC. Досвід, що отримано від тематичних сервісів, можна перенести на нові сервіси для прийняття структури екосистеми EOSC. Окреслено рекомендації щодо інтеграції тематичних служб в екосистему EOSC щодо автентифікації та авторизації (об'єднанні регіональні або тематичні рішення, що базуються на EduGAIN), рішення FAIR для збереження даних і метаданих (як під час каталогізації, так і для збереження даних, наприклад, B2SHARE EUDAT), служби керування ресурсами, що є незалежними від хмарних платформ (наприклад, Infrastructure Manager), і рішення для керування робочим навантаженням [1].

Підтримуємо думку, висловлену зарубіжними вченими [10], про те, що дослідницькі інфраструктури відіграють ключову роль у технологічному розвитку, підтримуючи науку, технології та інновації. Для наукової спільноти, а також для створення державної наукової політики необхідно мати огляд наявних дослідницьких інфраструктур. Потрібна інформація про те, які інфраструктури доступні, хто ними керує та які послуги вони надають. Програмний модуль дослідницької інфраструктури має відповідати вимогам системи CRIS. Він повинен містити чітко визначений робочий процес та інтерфейс користувача. Другою вимогою до створеної моделі даних було досягнення максимального рівня сумісності CERIF, включаючи зв'язок з головними об'єктами CRIS. Представлено короткий огляд ситуації в Словаччині з використання е-інфраструктур, досвід впровадження Карти дослідницької інфраструктури та її інтеграції до інформаційної системи SK CRIS [10].

У дослідженні [6] вказано, що розробка та впровадження цифрових систем поточних досліджень (CRIS) є одним із найбільш прозорих і практичних підходів до керування дослідницькою інформацією на національному рівні. Процес побудови та впровадження таких систем є складним і трудомістким, а успішні результати значною мірою залежать від створеної дослідницької інформаційної інфраструктури країни, сумісності систем і якості інформації, яка в них зберігається. Здійснено аналіз чинної україн-

ської науково-дослідницької інформаційної інфраструктури та визначено, які бази даних можна повторно використовувати та інтегрувати з національною Українською системою поточних наукових досліджень (URIS). Аналіз показав, що існують функціональні бази даних і реєстри, які збирають дані про дослідницьку діяльність і можуть бути використані як джерела даних для URIS. Зокрема, це Єдина державна електронна база з питань освіти є потенційним джерелом даних про ЗВО, Національний репозитарій академічних текстів щодо метаданих про наукову продукцію, внутрішня база даних Національного фонду досліджень України та база даних про наукові проекти, які ведуть UCRINET. Також виявлено, що в українській дослідницькій інфраструктурі відсутній повний, актуальний реєстр дослідників. Описано виклики та рішення для подальших кроків у розбудові національного CRIS [6].

У публікації [13] підсумовано, що освітня е-інфраструктура суттєво підвищує рівень технічних можливостей і конкурентоспроможність української освіти. Вона надає унікальні можливості для дистанційного навчання. Окрім того, е-інфраструктура має потенціал підвищити якість освітніх послуг, сприяти розвитку науки та інноваційних продуктів, а також комерціалізації досліджень в Україні.

Подібний до попереднього висновок зроблено в праці [22] стосовно того, що створення єдиної Платформи всеукраїнського цифрового наукового простору та розвиток українських е-інфраструктур сприятиме підвищенню конкурентоздатності української науки на світовій арені та входженню наукової молоді в міжнародний дослідницький простір.

Досвід створення та розвитку European Open Science Cloud проаналізовано в статті [21]. Також коротко описано Стратегію побудови Національної хмари відкритої науки в Україні.

Оскільки цифрові технології постійно вдосконалюються і з'являються нові види цифрових сервісів та е-інфраструктур доцільним є дослідження ролі е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності вітчизняними вченими та визначення обізнаності дослідників щодо їх можливостей для виконання наукової діяльності.

Мета статті полягає в тому, щоб розглянути роль е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності, дослідити ситуацію з доступом до е-інфраструктур та обізнаність дослідників щодо їх можливостей для виконання наукових досліджень.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Цифрова трансформація науки в умовах євроінтеграції має на меті забезпечити відкри-

тість, прозорість та міжнародну взаємодію в науковій сфері. Вона сприяє розвитку міжнародних наукових зв'язків, обміну досвідом і передачі знань. Окрім того, цифрова трансформація дає змогу зберігати, організовувати та легко доступними значні обсяги наукових даних, що сприяє розвитку нових досліджень і знань.

Підтримуємо думку, висловлену в публікації [14], що важливим стає завдання розроблення екосистеми дослідницьких е-інфраструктур в Україні, що відображатиме основні напрями політики щодо формування та розвитку екосистеми дослідницьких е-інфраструктур відкритої науки. Ці е-інфраструктури створюють можливості для науковців, викладачів, студентів долучатися до відкритих наукових процесів на будь-якому етапі наукової роботи. Водночас у публікації [14] наголошено на проблемах, що потребують розв'язання під час впровадження принципів відкритої науки в Україні, а саме першочерговим є:

- розроблення та затвердження національних процедур і показників забезпечення якості дослідницької діяльності на основі принципів і підходів відкритої науки;
- визначення та обґрунтування показників для оцінювання стану дослідницької інфраструктури ЗВО та наукових установ;
- розроблення Національної наукометричної бази UkrScience;
- розроблення цифрової платформи Ukrainian Open Science для національної системи забезпечення якості дослідницької діяльності на основі принципів і підходів відкритої науки;
- удосконалення системи державного фінансування ЗВО відповідно до якості результатів їх дослідницької діяльності через запровадження критеріїв і показників забезпечення якості дослідницької діяльності на основі принципів і підходів відкритої науки;
- стимулювання розвитку та забезпечення підтримки національних дослідницьких інфраструктур, що забезпечують відкритий доступ та їх інтеграцію у європейську та глобальні екосистеми дослідницьких е-інфраструктур.

Таким чином, освітня е-інфраструктура значно підвищує рівень технічних можливостей і конкурентоспроможність нашої освіти, наприклад, у дистанційній формі навчання, яка на сьогодні вже є невід'ємною частиною навчального процесу багатьох освітніх закладів, а також може стати значним кроком до підвищення рівня освітніх послуг і розвитку науки в освіті, розробки інноваційних продуктів, комерціалізації досліджень в Україні [13].

Коротко опишемо основні е-інфраструктури в Україні, що є доцільними для застосування для підтримки наукової діяльності.

Національна грид-інфраструктура. Національна цифрова інфраструктура для розподілених обчислень Український Національний Грид є важливим компонентом розвитку наукових досліджень і обчислювальних потужностей в Україні. Ця система забезпечує інфраструктуру для проведення великомасштабних обчислювальних розрахунків, обміну даними та спільної роботи між науковими установами, дослідниками та іншими учасниками наукової спільноти.

На сайті НАН України [23] зазначено, що Україна приєдналася до Ради Європейської грид-інфраструктури (EGI.eu). Афілійовані учасники мають тимчасовий статус членства (від 12 до 24 місяців), еквівалентний асоційованим учасникам, які ще не мають національної стратегії розвитку е-інфраструктур і відповідної фінансової підтримки держави та хочуть оцінити інтерес наукових співтовариств до таких е-інфраструктур. Е-інфраструктура EGI є глобальною мережею центрів оброблення даних і хмарних провайдерів, яка отримує фінансування від різних держав. Ця е-інфраструктура покриває всю Європу та інші країни світу. EGI пропонує широкий спектр послуг у сфері обчислень і зберігання даних, а також забезпечує підтримку дослідникам, багатонаціональним проектам та дослідницьким інфраструктурам. Послуги EGI надаються через об'єднану хмару EGI та центри оброблення даних EGI. Ці послуги доступні для всіх учасників академічних досліджень і бізнесу через EGI Marketplace. За допомогою EGI можна отримати доступ до понад 850 тис. логічних процесорів і 650 PB дискового й стрічкового накопичувачів. EGI тісно співпрацює з іншими е-інфраструктурами: EUDAT, GEANT, OpenAIRE, PRACE [23]. Також EGI виступає координатором проекту Європейської хмари відкритої науки (EOSC-hub), який об'єднує широку групу національних і міжнародних постачальників послуг в єдиний хаб для європейських дослідників та інноваторів. Цей проект надає дослідникам можливість отримати доступ до європейських дослідницьких інфраструктур та використовувати різноманітні ресурси е-інфраструктур для проведення передових досліджень [23].

Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ). На сайті НРАТ (<https://nrat.ukrintei.ua/polityka-nrat>) вказано, що це загальнодержавна електронна база даних, яка накопичує, зберігає та систематизує академічні тексти. Головною метою НРАТ є сприяння розвитку освітньої, наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності шляхом поліпшення

доступу до академічних текстів і підтримки наукової доброчесності. Ресурси НРАТ є допоміжними інструментами для проведення експертизи академічних текстів на предмет плагіату. Згідно з законодавством, НРАТ може здійснювати інформаційну інтеграцію з іншими базами даних, включаючи ресурси відкритих даних України та інших країн, а також бази даних центральних органів виконавчої влади.

У публікації [25] вказано, що НРАТ надає відкритий доступ до інформації, що міститься в ньому, зокрема до реєстру академічних текстів (дисертацій, звітів, статей) та їх електронних версій, а також інших пов'язаних даних, що розміщені на умовах відкритого доступу. Цей репозитарій постійно оновлюється, додаються як архівні матеріали, так і нові, які були оприлюднені та зареєстровані відповідно до чинного порядку. Створення НРАТ є значимою подією для підтримки відкритої науки в Україні. Термінологія, що пов'язана з "відкритим доступом до публічної інформації", "відкритими даними" та "відкритим доступом", була введена до нормативно-правового простору України завдяки Регламенту НРАТ [25].

Наприклад, щоденно відбувається оновлення новин на порталі НРАТ, що сприяє ознайомленню вчених із новими трендами в науковій та освітній галузі, інформуванню про різноманітні наукові заходи (конференції, семінари, круглі столи, онлайн-курси тощо). У розділі "Міжнародна підтримка" НРАТ можна ознайомитися з такими різноманітними пропозиціями від закордонних організацій для вчених, як стипендії, гранти тощо. Вчені можуть скористатися НРАТ, щоб отримати безкоштовний доступ до різних матеріалів, зокрема дисертації, наукові статті, звіти про дослідження тощо, які можуть бути корисними для проведення наукових досліджень. Особливо це важливо під час вибору тематики дослідження, написання дисертаційної роботи, визначення актуальної теми та на пряму подальшого наукового пошуку, а також для ознайомлення з уже створеними науковими публікаціями (наприклад, дисертаційними роботами) та напрацюваннями інших вчених у відповідній галузі.

Національна електронна науково-інформаційна система (URIS). На початку свого створення система URIS планувалась як центр об'єднання даних про результати наукової та науково-технічної діяльності українських наукових установ, ЗВО та самого наукового персоналу. Однак дослідження, проведені на першому етапі розробки системи, показали, що значна частина необхідних даних ще не оцифрована, збирається без належного контролю і не може

бути надійним джерелом інформації. У цей момент URIS виконує такі функції: агрегацію даних про сферу наукової та науково-технічної діяльності України; автоматизація визначених процедур і процесів суб'єктів сфери науки України; агрегацію інформації для вчених, на єдиному ресурсі; об'єднання даних, їх презентація та забезпечення користувачів аналітичними інструментами для їх дослідження; забезпечення формування даних, відсутніх у доступних джерелах інформації; забезпечення підтвердження даних верифікованими користувачами систем [16]. Головним запланованим результатом функціонування URIS є забезпечення відкритості даних про вітчизняну науку, а також до інших результатів належить спрощення процесів і процедур [16]:

- 1) пошуку інформації, даних, обладнання, послуг і ресурсів для проведення наукових досліджень;
- 2) пошуку виконавців наукоємних проєктів;
- 3) підготовки аналітичної інформації для прийняття управлінських рішень;
- 4) заповнення заявок, форма, звітів для вітчизняних учених, наукових установ і ЗВО;
- 5) презентація результатів вітчизняних досліджень у світовому науковому просторі.

Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа УРАН (УРАН"). На сайті (<http://uran.ua/~ukr/net-org.htm>) вказано, що головною метою функціонування мережі УРАН є надання установам, організаціям та фізичним особам у галузях освіти, науки та культури України інформаційних послуг на основі інтернет-технологій, які задовольняють їхні професійні потреби та сприяють їхньому розвитку. Ці послуги передбачають швидкий доступ до інформації, обмін нею, поширення, накопичення та обробку для проведення наукових досліджень, здійснення дистанційного навчання, використання телематичних методів, функціонування електронних бібліотек, віртуальних лабораторій, проведення телеконференцій, використання дистанційних методів моніторингу тощо. Мережа УРАН побудована за ієрархічним принципом: у кожному місті України, що є значним осередком наукової та освітньої діяльності, створюється регіональний вузол мережі на базі університету або наукової установи міста.

На сайті мережі УРАН (<http://uran.ua/~ukr/net-org.htm>) зазначено, що вона фізично об'єднує понад 80 науково-дослідницьких та освітніх закладів, що мають 180 точок підключення. Мережа УРАН також володіє власними волоконно-оптичними мережами, які охоплюють 15 міст України та мають загальну протяжність близько 230 км.

Пан'європейська мультигігабітна науково-освітня мережа GÉANT. GÉANT є мережею, що об'єднує понад 8000 наукових установ і більш ніж 40 млн користувачів. За допомогою GÉANT можна проводити спільні наукові дослідження, кооперуватися для наукової діяльності та впроваджувати освітні програми. На сайті (<http://uran.ua/projects/geant/first.htm>) зазначено, що асоціація УРАН забезпечує українській науково-освітній спільноті доступ до мережі GÉANT і єдина має контракт з оператором мережі GÉANT — британською компанією GÉANT Ltd. (колишня DANTE Ltd.) — за принципом “одна країна — одна науково-освітня мережа”.

У праці [11] вказано, що GÉANT є координатором проекту EaPConnect, активно сприяє розвитку та інтеграції шести країн Східного партнерства та їх науково-освітніх спільнот в Європейський дослідницький простір (ERA). GÉANT об'єднує спеціалізованих телекомунікаційних операторів, створених для задоволення потреб науково-освітніх спільнот країн Європи в інформаційно-комп'ютерних технологіях, у єдину пан'європейську мережу для науки та освіти. Вітчизняним науковцям і освітянам відкривається доступ до провідних дослідницьких інфраструктур світу через ці канали GÉANT, що дає змогу ефективно брати участь у міжнародних наукових проєктах.

На сайті (<https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eap-connect>) зазначено, що EaPConnect (2020–2025 рр.) є частиною європейської ініціативи EU4Digital, яка передбачає розширення мережевої інфраструктури та послуг для досліджень й освіти для зменшення цифрового розриву. До основних цілей цього проєкту віднесено: 1) розширення мережі інфраструктури і послуг для досліджень та освіти; 2) розвиток

зв'язків з іншими європейськими інфраструктурами та ініціативами; 3) збільшення стійкості зв'язку міжнародної мережі та національних дослідницьких та освітніх мереж, щоб мати змогу продовжувати підтримувати їх національні екосистеми з досліджень та освіти; 4) підтримати участь науковців і викладачів Східного партнерства в міжнародній співпраці, щоб вони були присутні в європейських ініціативах та проєктах.

У публікації [26] на **рис. 1** схематично подано основні інфраструктури та послуги, які мають увійти до EOSC, і їх взаємодію між собою, як у ЄС, так і наявні елементи для побудови Національного хабу в Україні. Розглянемо короткий опис цього рисунка:

1) першим горизонтальним шаром знизу є мережа GEANT;

2) другим шаром є е-інфраструктури для обчислень та обробки даних для будь-яких наукових дисциплін (PRACE та EGI), для України — Український національний грид;

3) третім шаром є е-інфраструктури, що надають сервіси з обміну та збереження даних як незалежно від дисциплін, так і зі специфічними відмінностями для певних широких спільнот (EUDAT та OpenAire), для України — частково Національний репозитарій текстів, репозитарії наукових інститутів і ЗБО;

4) четвертим шаром є тематичні сервіси й інструменти, що їх розробляють віртуальні організації, структури e-Science; центри компетенції дослідницьких інфраструктур. Це “платформи як сервіс” та “софт як сервіс”, (наприклад, INDIGO Data Cloud);

5) вертикально представлені дослідницькі інфраструктури, що використовують багатодисциплінарні “горизонтальні” е-інфраструктури, а з іншого боку — надають тематичні дані, сервіси

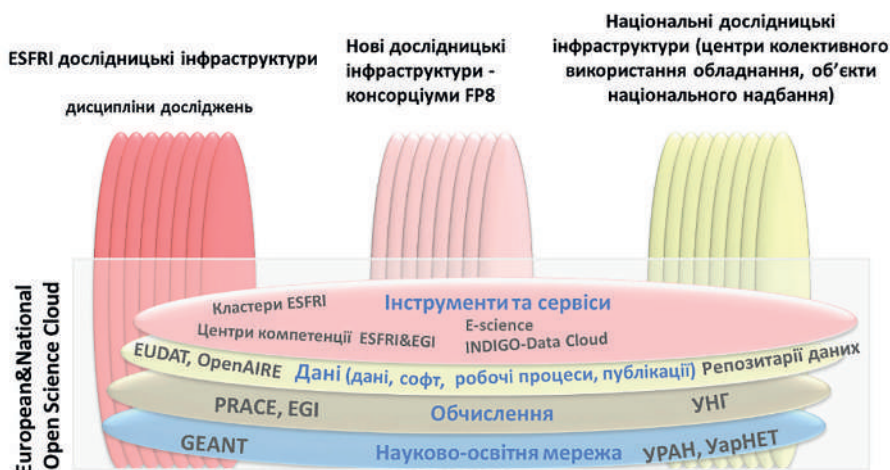


Рис. 1. Основні інфраструктури та послуги, які мають увійти до EOSC [26]

та платформи для загального використання з допомогою власної “вертикальної” цифрової інфраструктури. Усе це і відображає Європейську хмару відкритої науки [26].

Опис **рис. 1** детально описано в праці [26]. На нашу думку, цей рисунок є вдалим прикладом візуалізації взаємозв’язків між дослідницькими е-інфраструктурами та послугами, які вони надають для вчених і освітан.

Колективом вчених у роботі [24] наголошено, що широке застосування цифрових технологій з метою надання вільного доступу до інформації та знань є базовим принципом цифрового суспільства. Цифрове суспільство суттєво змінило традиційні уявлення про працю, освіту, культуру, спілкування та соціальне життя. Розвиток цифрової культури громадян є ключовою умовою успішної побудови цифрового суспільства. Тому важливим є проведення цілеспрямованого навчання та підвищення кваліфікації фахівців різних галузей економіки, зокрема освітан і вчених, з метою оволодіння цифровою компетентністю. Саме ці фахівці є ключовими учасниками в процесі цифровізації освіти і науки, забезпечуючи її успішну реалізацію.

Створення широких можливостей комунікації між учасниками та проведення науково-методичних заходів в інноваційному форматі стало можливим завдяки цифровізації освітнього процесу та науково-методичної роботи. Тому Офісом підтримки вченого за сприяння Директорату науки та інновацій МОН України було організовано і проведено два наукові заходи, які мали популяризаційне та консультативне спрямування. Опишемо ці заходи їх детальніше.

І. Круглий стіл “Цифрова трансформація науки в умовах Євроінтеграції” (наукові установи) було проведено 8 листопада 2022 р. в онлайн-форматі. Загалом для участі у круглому столі зареєструвалося понад 500 осіб, але фактично взяло участь у заході та отримали сертифікати 296 осіб. Організаторами заходу були: Директорат науки та інновацій МОН України, Директорат цифрової трансформації МОН України, Офіс підтримки вченого, Рада молодих вчених НАН України, Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України, Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Державна установа “Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України”, Рада молодих вчених НАПН України.

Модераторами круглого столу були: *Анна Яцишин* — д-р пед. наук, голова Ради молодих

вчених Державної установи “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, провідна наукова співробітниця Інституту цифровізації освіти НАПН України, координаторка Офісу підтримки вченого; *Теодозія Яцишин* — д-р техн. наук, професорка кафедри технологій захисту навколишнього середовища Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, старша наукова співробітниця Державної установи “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, координаторка Офісу підтримки вченого.

У роботі круглого столу виступили з доповідями і повідомленнями: *Григорій Мозолевич* — канд. техн. наук, керівник експертної групи з питань інтеграції до Європейського дослідницького простору Директорату науки та інновацій МОН України; *Андрій Василенко* — канд. геолог. наук, державний експерт експертної групи з питань цифрової трансформації освіти і науки Директорату цифрової трансформації МОН України; *Валерій Биков* — дійсний член НАПН України, д-р техн. наук, директор Інституту цифровізації освіти НАПН України; *Євгеній Преображенський* — виконавчий директор Асоціації УРАН; *Ольга Єрмакова* — д-р екон. наук, завідувачка відділу економіко-екологічного розвитку приморських регіонів, Державна установа “Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України”; *Андрій Хорольський* — канд. техн. наук, старший науковий співробітник та голова Ради молодих вчених Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, секретар Ради молодих учених при Міністерстві освіти і науки України, секретар Ради молодих вчених при Відділенні фізики і астрономії Національної академії наук України; *Ольга Пінчук* — канд. пед. наук, заступниця директора з науково-експериментальної роботи, Інститут цифровізації освіти НАПН України; *Аліса Сухих* — канд. пед. наук, заступниця голови Ради молодих вчених НАПН України, заступниця голови Ради молодих учених при МОН України, голова Ради молодих вчених Інституту цифровізації освіти НАПН України, координаторка Офісу підтримки вченого.

На круглому столі, під час виступів та обговорень було наголошено, що розвиток цифрових сервісів та цифрових інфраструктур — запорука інтеграції України до Європейського дослідницького простору та Єдиного цифрового ринку Європейського Союзу. Глобальні виклики (пандемія, російська агресія) показали необхідність активного застосування в наукових установах цифрових сервісів та е-інфраструктур для забезпечення освітньо-наукових потреб. Також під час круглого столу було презентовано опиту-

вання щодо рівня та масштабу залучення українських наукових установ до е-інфраструктур, яке підготували Офіс підтримки вченого за сприяння Директорату науки та інновацій МОН України та Директорату цифрової трансформації МОН України. Анкету презентували Теодозія Яцишин та Аліса Сухих.

Питання розвитку та застосування в науково-освітньому просторі України та Європейському дослідницькому просторі ідей, підходів і технологій відкритої науки обговорювалися в межах чотирьох сесій, які функціонували в рамках круглого столу.

Сесія 1. Цифровізація науки: від макrorівня (EOSC, GEANT, URIS, HPAT) до мікрорівня (інституційні репозитарії, системи для узагальнення звітних даних тощо).

Сесія 2. Національний план щодо відкритої науки: нормативно-правові акти в середньостроковій перспективі.

Сесія 3. Забезпечення відкритого доступу до дослідницької інфраструктури. Створення єдиної бази даних про результати наукової та науково-технічної діяльності / концепція державної політики розвитку е-інфраструктур / розвитку дослідницьких інфраструктур / створення єдиної бази даних про результати наукової та науково-технічної діяльності (URIS).

Сесія 4. Цифрові сервіси для науковців.

Наразі вчені застосовують цифрові сервіси та е-інфраструктури для забезпечення широкого спектру науково-освітніх потреб, проте з розвитком цифрових систем, виникають нові цифрові сервіси, а тому варто ділитися досвідом і поширювати кращі вітчизняні та зарубіжні практики.

II. Круглий стіл “Цифрова трансформація наукової діяльності у закладах вищої освіти в умовах євроінтеграції” (заклади вищої освіти) було проведено 31 січня 2023 р. в онлайн-форматі. Загалом для участі в круглому столі зареєструвалося понад 1200 осіб, але фактично взяли участь у заході та отримали сертифікати 1036 осіб. Метою заходу було обговорення досвіду застосування в ЗВО цифрових сервісів та е-інфраструктур, розгляд особливостей застосування інструментів відкритої науки, особливості цифровізації наукової діяльності та обмін досвідом.

Круглий стіл тривав понад 3 години та складався з трьох сесій.

Сесія 1. Цифровізація науки: від макrorівня (EOSC, GEANT, URIS, HPAT) до мікрорівня. Забезпечення відкритого доступу до дослідницької інфраструктури (спікерами були: Григорій Мозолевич, Андрій Василенко, Давід Дібук, Євгеній Преображенський, Михайло Хижняк, Денис Гриньов та Девід Хеінс).

Сесія 2. Національний план щодо відкритої науки: нормативно-правові акти в середньостроковій перспективі (спікерами були: Олександр Березко та Григорій Мозолевич).

Сесія 3. Успішні кейси: цифрова трансформація наукової діяльності в закладах вищої освіти України (спікерами були: Андрій Морозов, Тетяна Вакалюк, Олег Спірін, Галина Луценко, Ольга Петроє та інші колеги, які брали участь у дискусії).

Також було презентовано опитування щодо рівня та масштабу залучення закладів вищої освіти до е-інфраструктур (Теодозія Яцишин та Аліса Сухих).

Модераторами круглого столу були Анна Яцишин та Теодозія Яцишин. До участі в круглому столі долучилися: представники Директорату науки та інновацій та Директорату цифрової трансформації МОН України; Amazon AWS; Асоціація УРАН; EPAM (IT-компанія партнер Amazon AWS); виконавці проекту OCRE (відкриті хмарні ресурси для науки та освіти, проект засновано при сприянні GEANT та ЕС); керівники та працівники ЗВО та наукових установ України. Відеозапис круглого столу розміщено на YouTube каналі Офісу підтримки вченого (https://www.youtube.com/watch?v=5ErwBCV6Bsl&ab_channel=ScholarSupportOffice). Світлина зроблені під час проведення круглого столу подані на **рис. 2–3**.

На нашу думку, головними результатами організованих і проведених авторами цієї статті двох масштабних наукових масових заходів (загальна кількість учасників 1332 особи) було:

- представлено досвід застосування у ЗВО цифрових сервісів та е-інфраструктур, зокрема відбувся обмін досвідом і кращими практиками;
- презентовано нові можливості для України щодо використання е-інфраструктур;
- обговорено виклики та перешкоди щодо застосування у ЗВО цифрових сервісів та е-інфраструктур;
- надано рекомендації щодо ефективної цифрової трансформації наукової діяльності в ЗВО;
- окреслено напрями співпраці між ЗВО, науковими установами та іншими зацікавленими сторонами;
- представлено експертів у галузі цифрової трансформації наукової діяльності, що дасть ученим змогу консультувати один одного та спільно розвивати інноваційні підходи;
- окреслено пріоритетні напрями цифрової трансформації наукової діяльності у ЗВО та наукових установ тощо.

Опитування “Рівень та масштаб залучення українських закладів вищої освіти та наукових установ до е-інфраструктур” було проведено

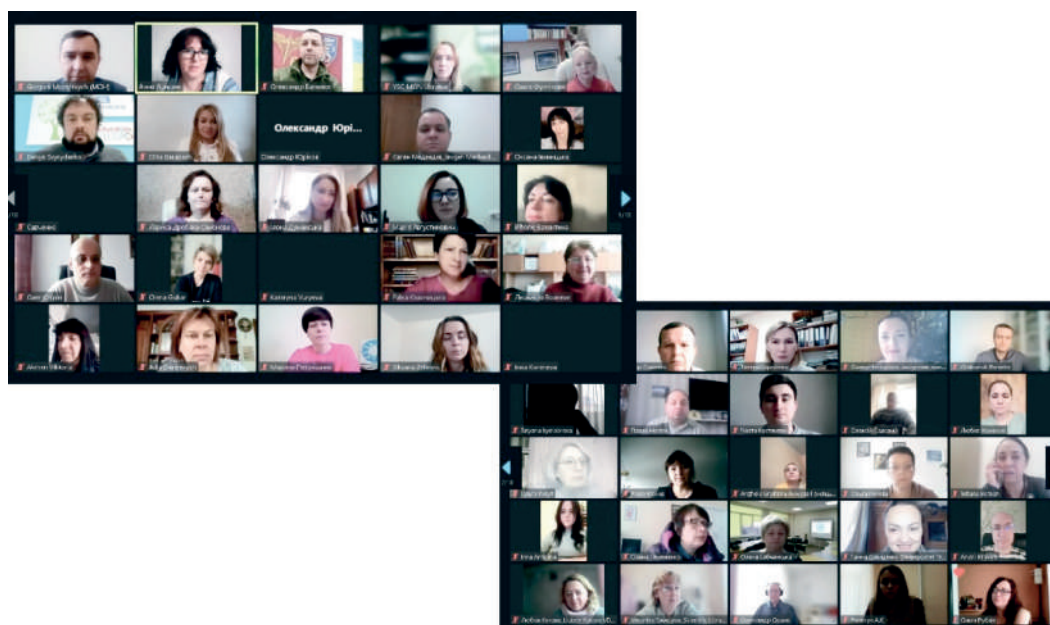


Рис. 2. Світлини зроблені під час проведення круглого столу “Цифрова трансформація науки в умовах Євроінтеграції” (31 січня 2023 р.)

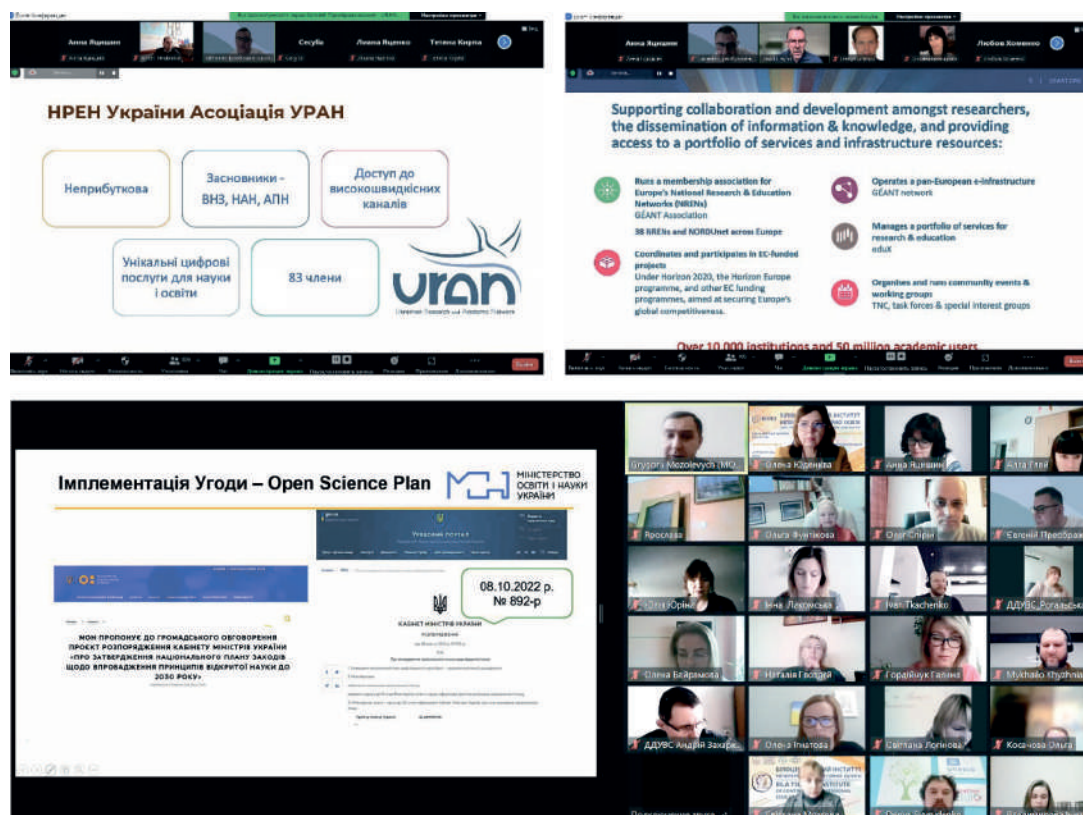


Рис. 3. Світлини зроблені під час проведення круглого столу “Цифрова трансформація науки в умовах Євроінтеграції” (31 січня 2023 р.)

Офісом підтримки вченого за сприяння Директорату науки та інновацій МОН України тривало з листопада 2022 р. до квітня 2023 р. методом

індивідуального анкетного опитування. Анкету поширювали через звернення до керівників ЗВО, наукових установ із проханням про участь

в опитуванні, а також через соціальні мережі (Facebook, Instagram) і були розміщені на сайті Офісу підтримки вченого. Наприклад, за результатами опитування 88,5 % представників ЗВО та 100 % наукових установ, які взяли участь у дослідженні, зазначили, що мають потребу у використанні е-інфраструктур (**рис. 4**). Детальний опис проведеного опитування буде представлено в аналітичних матеріалах і розміщено на сайті Офісу підтримки вченого та інших організацій.

Отже, у результаті проведеного дослідження і на підставі аналізу наукових джерел [1–3; 5–6; 8–10; 13–15; 18; 21–27] зроблено декілька узагальнень щодо ролі е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності, за такими аспектами.

1. *Спільна робота над дослідженнями*: е-інфраструктура дає змогу науковим колективам спільно працювати над дослідженнями, обмінюватися даними та результатами, сприяючи співпраці та творчій взаємодії.

2. *Доступ до цифрових ресурсів, інструментів та інформаційно-аналітичні матеріали*: е-інфраструктура відіграє ключову роль у підтримці наукової діяльності, забезпечуючи доступ до цифрових ресурсів, інструментів та інформаційних технологій; застосування цифрових технологій допомагає автоматизувати наукові процеси, збільшує продуктивність та ефективність досліджень; дає змогу ефективно управляти науковими даними, забезпечуючи їх зберігання, обробку та аналіз.

3. *Відкритість та прозорість наукової діяльності*: е-інфраструктура сприяє розвитку відкритої науки, відкритості та прозорості наукової діяльності, забезпечуючи можливість вільного доступу до наукових публікацій, даних і результатів досліджень для широкої громадськості, що сприяє зростанню наукової грамотності та інновацій; широкий доступ до наукометричних баз даних і репозитаріїв забезпечує науковцям можливість швидкого пошуку та отримання актуальної інформації для проведення наукових досліджень.

4. *Візуалізація даних і моделювання*: е-інфраструктура розширює можливості для візуалізації даних і моделювання, що дає змогу науковим дослідникам краще розуміти складні процеси та виявляти нові закономірності.

5. *Управління знаннями та міжнародна співпраця*: е-інфраструктура сприяє розширенню міжнародної співпраці й обміну знаннями, забезпечуючи глобальну наукову спільноту засобами віртуального спілкування та співпраці.

ВИСНОВКИ

В Україні активно розпочався етап розвитку й підтримки національних е-інфраструктур для досліджень і гармонізації з європейськи-

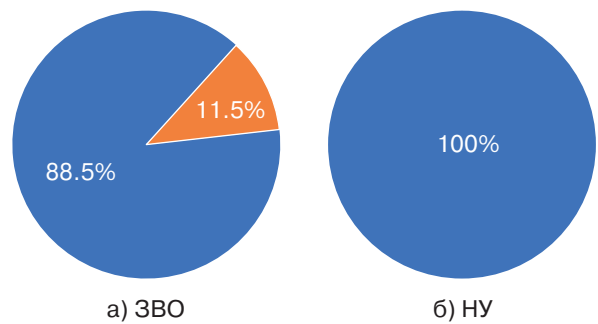


Рис. 4. Розподіл відповідей представників ЗВО (а) та наукових установ (б) на запитання “Чи є потреба використання е-інфраструктур у Вашій організації?”

ми і світовими науковими ініціативами з відкритої науки й відкритих інновацій. Розвиток національних е-інфраструктур та застосування міжнародних е-інфраструктур розширює можливості значно підвищити рівень наукових досліджень і покращити якість освітніх послуг. Також е-інфраструктури сприяють розвитку національної наукової спільноти шляхом обміну досвідом і співпраці між науковими установами та закладами вищої освіти.

Здійснено огляд основних видів е-інфраструктур України (Український Національний Грид (УНГ), Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа (УРАН), GEANT та Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ) та описано їх основні характеристики.

До головних переваг використання е-інфраструктури для підтримки та виконання наукових досліджень зараховуємо: доступ до інфраструктури та ресурсів; підтримка різних наукових галузей; спільна робота та колаборація; висока продуктивність та ефективність; інтеграція з міжнародними ініціативами; забезпечення безпеки та конфіденційності; сприяння розвитку національної науково-технологічної спільноти.

Вважаємо, що е-інфраструктури відіграють важливу роль у підтримці наукових досліджень, забезпечуючи різноманітні функції для наукової спільноти, а саме:

- 1) зберігання та архівування даних;
- 2) підтримка відкритої науки;
- 3) публікація та доступ до наукових публікацій;
- 4) доступ до спеціалізованих інструментів та програмного забезпечення;
- 5) колаборація та співпраця;
- 6) доступ до міжнародних наукових мереж;
- 7) використання обчислювальних ресурсів;
- 8) забезпечення кібербезпеки.

3-поміж *перспектив розвитку е-інфраструктур* визначимо такі:

- розбудова національних е-інфраструктури вимагає спільних зусиль наукової спільноти, державних органів та інших зацікавлених сторін для розвитку та підтримки цифрових інструментів і ресурсів, що сприятимуть науковому прогресу та інноваціям;
 - розробка стандартів і протоколів е-інфраструктур допомагає забезпечити сумісність, взаємодію та обмін інформацією між різними науковими інституціями, сприяючи створенню єдиної наукової спільноти;
 - розвиток е-інфраструктур сприяє розширенню можливостей для використання штучного інтелекту, машинного навчання та аналізу даних у наукових дослідженнях, що дає змогу зробити більш точні та високопродуктивні висновки;
 - розвиток е-інфраструктур вимагає уваги до кібербезпеки та захисту наукової інформації, забезпечуючи конфіденційність і цілісність даних;
 - вплив е-інфраструктур на наукову спільноту потребує дослідження, а саме: зміни в організації та спілкуванні науковців завдяки е-інфраструктурі; особливості взаємодії між науковими галузями та спільнотами через е-інфраструктури;
 - розвиток е-інфраструктур вимагає розробки та вдосконалення цифрових технологій та інструменти для підтримки наукової діяльності;
 - застосування штучного інтелекту, аналітики даних та інших сучасних методів у науці;
 - розробка та оновлення рекомендацій щодо особливостей використання е-інфраструктур у наукових дослідженнях.
- У подальших наукових публікаціях плануємо детально представити результати проведеного опитування щодо рівня та масштабу залучення українських ЗВО та наукових установ до е-інфраструктур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Calatrava A. A survey of the European Open Science Cloud services for expanding the capacity and capabilities of multidisciplinary scientific applications / A. Calatrava, H. Asorey, J. Astalos, A. Azevedo, F. Benincasa, I. Blanquer, J. Sánchez-Ferrero // *Computer Science Review*. — 2023. — No. 49. — 100571. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2023.100571>.
2. D'ippolito B. Research collaboration in Large Scale Research Infrastructures: Collaboration types and policy implications / B. D'ippolito, C. C. Rüling // *Research Policy*. — 2019. — No. 48 (5). — P. 1282–1296. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.011>.
3. Demchenko Y. Cloud Computing Infrastructure for Data Intensive Applications / Y. Demchenko, F. Turkmen, C. de Laat, C.-H. Hsu, C. Blanchet, C. Loomis // *Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence*. — 2017. — P. 21–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809393-1.00002-7>.
4. EU4Digital: Об'єднання дослідницьких та освітніх спільнот (EaPConnect) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eap-connect>.
5. Huber R. Integrating data and analysis technologies within leading environmental research infrastructures: Challenges and approaches / R. Huber, C. D'Onofrio, A. Devaraju, J. Klump, H. W. Loescher, S. Kindermann, M. Stocker // *Ecological Informatics*. — 2021. — No. 61. — 101245. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101245>.
6. Kaliuzhna N. Research Information Infrastructure in Ukraine: first steps towards building a national CRIS / N. Kaliuzhna, S. Auhunas // *Procedia Computer Science*. — 2022. — No. 211. — P. 230–237. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.196>.
7. Open Clouds for Research Environments [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.ocre-project.eu>.
8. Qiao L. Scientific effects of large research infrastructures in China / L. Qiao, R. Mu, K. Chen // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2016. — 112. — P. 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.07.029>.
9. Verdecchia R. The future of sustainable digital infrastructures: A landscape of solutions, adoption factors, impediments, open problems, and scenarios / R. Verdecchia, P. Lago, C. de Vries // *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. — 2022. — 35. — 100767. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100767>.
10. Zendulková D. Map of Research Infrastructure as a tool of the Information System for Research, Development, and Innovation / D. Zendulková, G. Gavurníková, J. Turňa // *Procedia Computer Science*. — 2022. — No. 211. — P. 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.175>.
11. Доступ до каналів пан'європейської мережі для науки і освіти GEANT [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://panorama.urau.ua/services-ukr/kanaly-geant>.
12. Про наукову і науково-технічну діяльність [Електронний ресурс]: Закон України від 26 листоп. 2015 р. № 848-VIII. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>.
13. Зуб С. Розвиток е-інфраструктури в системі освіти і науки України / С. Зуб, А. Прокопенко, І. Яловега // *Новий колегіум*. — 2020. — № 1 (99). — С. 8–14. <https://doi.org/10.30837/nc.2020.1.08>.
14. Кремень В. Г. Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи: наукова доповідь загальним зборам НАПН України «Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи», 18–19 листопада 2022 р. / В. Г. Кремень, В. Ю. Биков, О. І. Ляшенко, С. Г. Литвинова, В. І. Луговий, Ю. І. Мальований, О. П. Пінчук, О. М. Топузов // *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. — 2022. — № 4(2). — С. 1–49. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>.
15. Мар'єнко М. В. Платформа відкритої науки та застосування її компонентів в освітньому процесі / М. В. Мар'єнко, М. П. Шишкіна // *Інформаційні технології в освіті*. — 2020. — № 4(45).
16. Національна електронна науково-інформаційна система (URIS) [Електронний ресурс] // Сайт МОН України. — Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/cifrova-osvita/elektronna-naukovo-informacijna-sistema>.

17. Національний репозитарій академічних текстів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://nrat.ukrintei.ua/polityka-nrat>.
18. Ночвай В. Розвиток е-інфраструктур для досліджень та інновацій [Електронний ресурс] / В. Ночвай // Смарт вектори Києва: матеріали конф. (Київ, 31 травня 2019 р.). — Режим доступу: https://dei.kyivcity.gov.ua/files/2019/6/3/rozvytok_e_infrastruktur.pdf.
19. Проєкт «Концепція реалізації державної політики розвитку українських е-інфраструктур до 2023 року» [Електронний ресурс] // Сайт МОН України. — Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-do-gromadskogo-obgovorennya-proyekt-rozporядzhennya-kmu-sho-do-shvalennya-konceptiyi-realizaciyi-derzhavnoyi-politiki-rozvitku-ukrayinskih-e-infrastruktur-do-2023-roku>.
20. Сайт МОН України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/tag/cifrova-transformaciya-osviti-ta-nauki>.
21. Свистунов С. Я. На шляху до створення української національної хмари відкритої науки / С. Я. Свистунов, П. І. Перконос, С. В. Субботін, Є. М. Твердохліб // Проблеми програмування. — 2021. — № 3.
22. Тарнавська С. В. Українські дослідницькі е-інфраструктури як інструмент інтеграції молодих вчених у міжнародний науковий простір / С. В. Тарнавська, Х. В. Середа // Наукова молодь-2019: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених (Київ, 4 жовт. 2019 р.). — Київ : ЦП Компрінт, 2019. — 134 с.
23. Україна приєдналася до Ради Європейської грид-інфраструктури (EGI.eu) [Електронний ресурс] / Сайт НАН України. — Режим доступу: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=4701/>.
24. Цифрова трансформація освіти і науки: теорія і практика: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / за ред. В. Ю. Бикова, А. В. Яцишин. — Київ : ФОРМ Ямчинський О. В., 2019. — 123 с. — Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/718758>.
25. Чмир О. Національний репозитарій академічних текстів у системі відкритої науки: сучасний стан та майбутній розвиток / О. Чмир // Відкрита наука та інновації в Україні 2022: матеріали І Міжнар. конф. (Київ, 27–28 жовт. 2022 р.). — Київ : УкрІНТЕІ, 2022. <http://doi.org/10.35668/978-966-479-129-5>.
26. Шевченко А. Досягнення України у сфері цифровізації науки / А. Шевченко // Дзеркало тижня. — 2018. — 26 жовтня. — Режим доступу: <https://zn.ua/ukr/science/dosyagnennya-ukrayini-u-sferi-cifrovizaciyi-nauki-292176.html>.
27. Яцишин А. В. Цифрові відкриті системи у підготовці аспірантів і докторантів: монографія / А. В. Яцишин. — Київ : ЦП Компрінт, 2020. — 416 с.
- Research Policy. 48(5), 1282–1296. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.011>.
3. Demchenko, Y., Turkmen, F., de Laat, C., Hsu, C.-H., Blanchet, C., & Loomis, C. (2017). Cloud Computing Infrastructure for Data Intensive Applications. *Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence*. 21–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809393-1.00002-7>.
4. EU4Digital: EU4Digital: Obiednannia doslidnytskykh ta osvitykh spilnot (EaPConnect) [Uniting research and educational communities]. Retrieved from: [https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eap-connect\[in Ukr.\]](https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eap-connect[in Ukr.]).
5. Huber, R., D'Onofrio, C., Devaraju, A., Klump, J., Loesch, H. W., Kindermann, S., ... & Stocker, M. (2021). Integrating data and analysis technologies within leading environmental research infrastructures: Challenges and approaches. *Ecological Informatics*. 61, 101245. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101245>.
6. Kaliuzhna, N., & Auhunas, S. (2022). Research Information Infrastructure in Ukraine: first steps towards building a national CRIS. *Procedia Computer Science*. 211, 230–237. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.196>.
7. Open Clouds for Research Environments. Retrieved from: <https://www.ocre-project.eu>.
8. Qiao, L., Mu, R., & Chen, K. (2016). Scientific effects of large research infrastructures in China. *Technological Forecasting and Social Change*. 112, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.07.029>.
9. Verdecchia, R., Lago, P., & de Vries, C. (2022). The future of sustainable digital infrastructures: A landscape of solutions, adoption factors, impediments, open problems, and scenarios. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. 35, 100767. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100767>.
10. Zendulková, D., Gavurníková, G., & Turňa, J. (2022). Map of Research Infrastructure as a tool of the Information System for Research, Development, and Innovation. *Procedia Computer Science*. 211, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.175>.
11. Dostup do kanaliv panievropeiskoi merezhi dlia nauky i osvity GÉANT [Access to the channels of the pan-European network for science and education]. Retrieved from: [https://panorama.uran.ua/services-ukr/kanaly-geant.\[in Ukr.\]](https://panorama.uran.ua/services-ukr/kanaly-geant.[in Ukr.]).
12. Pro naukovu i nauково-tekhnichnu diialnist: Zakon Ukrainy, № 848-VIII. [On scientific and scientific and technical activity: Law of Ukraine, No. 848-VIII]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>. [in Ukr.].
13. Zub, S., Prokopenko, A., & Yaloveha, I. (2020). Rozvytok e-infrastruktury v systemi osvity i nauky Ukrainy. [Development of e-infrastructure in the system of education and science of Ukraine. New collegium]. *Novyi kolehium* [New collegium]. 1 (99), 8–14. <https://doi.org/10.30837/nc.2020.1.08>. [in Ukr.].
14. Kremen, V. H., Bykov, V. Iu., Liashenko, O. I., Lytvynova, S. H., Luhovyi, V. I., Malovanyi, Yu. I., Pinchuk, O. P., & Topuzov, O. M. (2022). Naukovometodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity ukrainy: stan, problemy, perspektivy: Naukova dopovid zahalnym zborom NAPN Ukrainy «Naukovometodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity Ukrainy: stan, problemy, perspektivy», 18–19 lystopada 2022 r. [Scientific and methodological support of digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects: Scientific report to the

REFERENCES

1. Calatrava, A., Asorey, H., Astalos, J., Azevedo, A., Benincasa, F., Blanquer, I., ... & Sánchez-Ferrero, J. (2023). A survey of the European Open Science Cloud services for expanding the capacity and capabilities of multidisciplinary scientific applications. *Computer Science Review*, 49, 100571. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2023.100571>.
2. D'ippolito, B., & Rüling, C. C. (2019). Research collaboration in Large Scale Research Infrastructures: Collaboration types and policy implications.

- general meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine «Scientific and methodical support of digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects», November 18-19, 2022]. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy* [Bulletin of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine]. 4(2), 1–49. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>. [in Ukr.].
15. Marienko, M. V., & Shyshkina, M. P. (2020). Platforma vidkrytoi nauky ta zastosuvannya yii komponentiv v osvithomu protsesi. [The platform of open science and the application of its components in the educational process]. *Informatsiini tekhnologii v osviti* [Information technologies in education]. 4 (45). [in Ukr.].
 16. Natsionalna elektronna naukovu-informatsiina systema (URIS). [National Electronic Scientific Information System (URIS)]. *The website of the Ministry of Education and Culture of Ukraine*. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/cifrova-osvita/elektronna-naukovu-informaciina-sistema>. [in Ukr.].
 17. Natsionalnyi repozytarii akademichnykh tekstiv. [National repository of academic texts]. Retrieved from: <https://nrat.ukrintei.ua/polityka-nrat>. [in Ukr.].
 18. Nochvai, V. Rozvytok e-infrastruktur dlia doslidzhen ta innovatsii. [Development of e-infrastructures for research and innovation]. *Smart vektory Kyieva* [Smart vectors of Kyiv: conference materials. (Kyiv, May 31, 2019)]. Retrieved from: https://dei.kyivcity.gov.ua/files/2019/6/3/rozvytok_e_infrastruktur.pdf. [in Ukr.].
 19. Proekt «Kontseptsiiia realizatsii derzhavnoi polityky rozvytku ukrainskykh e-infrastruktur do 2023 roku» [The project “Concept of implementation of the state policy for the development of Ukrainian e-infrastructures until 2023”]. *Sait MON Ukrainy* [Website of the Ministry of education and sciences of Ukraine]. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-do-gromadskogo-obgovorennia-proyekt-rozporyadzhennia-kmu-shodoshvalennia-koncepciyi-realizatsiyi-derzhavnoyi-politiki-rozvitku-ukrayinskih-e-infrastruktur-do-2023-roku> [in Ukr.].
 20. Sait MON Ukrainy [Website of the Ministry of education and sciences of Ukraine]. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/tag/cifrova-transformaciya-osviti-ta-nauki>. [in Ukr.].
 21. Svystunov, S. Ia., Perkonos, P. I., Subbotin, S. V., & Tverdokhlib, Ye. M. (2021). Na shliakhu do stvorennia ukrainsnoi natsionalnoi khmary vidkrytoi nauky [On the way to the creation of the Ukrainian national cloud of open science]. *Problemy prohramuvannia* [Programming problems]. 3. [in Ukr.].
 22. Tarnavska, S. V., & Sereda, Kh. V. (2019). Ukrainski doslidnytski e-infrastruktury yak instrument intehratsii molodykh vchenykh u mizhnarodnyi naukovyi prostir [Ukrainian research e-infrastructures as a tool for integrating young scientists into the international scientific space]. *Naukova molod-2019* [Scientific Youth-2019: VII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists (Kyiv, October 4, 2019)]. Kyiv, 134 p. [in Ukr.].
 23. Ukraina pryiednalasia do Rady Yevropeiskoi hrid-infrastruktury (EGI.eu) [Ukraine joined the European Grid Infrastructure Council (EGI.eu)]. *The website of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Retrieved from: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=4701/>. [in Ukr.].
 24. Bykov, V. lu., & Iatsyshyn, A. V. (2019). Tsyfrova transformatsiia osvity i nauky: teoriia i praktyka [Digital transformation of education and science: theory and practice]. Kyiv. 123 p. Retrieved from: <https://lib.iitta.gov.ua/718758>. [in Ukr.].
 25. Chmyr, O. (2022). Natsionalnyi repozytarii akademichnykh tekstiv u systemi vidkrytoi nauky: suchasnyi stan ta maibutnii rozvytok [National repository of academic texts in the system of open science: current state and future development]. *Vidkryta nauka ta innovatsii v Ukraini 2022* [Open science and innovation in Ukraine 2022: materials of the 1st International Conference (Kyiv, October 27–28, 2022)]. Kyiv. <http://doi.org/10.35668/978-966-479-129-5>. [in Ukr.].
 26. Shevchenko, A. (2018). Dosiahnennia Ukrainy u sferi tsyfrovizatsii nauky [Achievements of Ukraine in the field of digitization of science. Mirror of the week]. *Dzerkalo tyzhnia* [The mirror of the day]. Retrieved from: https://zn.ua/ukr/science/dosyagnennia-ukrayini-u-sferi-cifrovizatsiyi-nauki-292176_.html. [in Ukr.].
 27. Iatsyshyn, A. V. (2020). Tsyfrovi vidkryti systemy u pidhotovtsi aspirantiv i doktorantiv [Digital open systems in the training of graduate and doctoral students]. Kyiv. 416 p. [in Ukr.].

A. V. Iatsyshyn, D. Sc. in Pedagogy, Senior Researcher
G. Ya. Mozolevych, PhD in Engineering, Associate Professor
T. M. Yatsyshyn, D. Sc. in Engineering, Associate Professor
A. S. Sukhikh, PhD in Pedagogy, Senior Researcher

THE ROLE OF E-INFRASTRUCTURE IN SUPPORTING SCIENTIFIC ACTIVITIES: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Abstract. The article outlines the role of e-infrastructures in supporting scientific activities and discusses the challenges and prospects associated with their utilization. In the digital world, e-infrastructures play a crucial role in facilitating access to scientific information, enabling data sharing, and fostering collaboration among research communities. An overview of the main types of e-infrastructures in Ukraine, such as the Ukrainian National Grid (UNG), Ukrainian Research and Academic Network (URAN), GÉANT, and the National Repository of Academic Texts (NRAT), is provided, along with their key characteristics. The main advantages of utilizing e-infrastructures to support and conduct scientific research can be summarized as follows: access to infrastructure and resources, support for various scientific fields, collaboration and cooperation, high productivity and efficiency, integration with international initiatives, ensuring security and confidentiality, and fostering the development of the national scientific and technological community. The primary functions of e-infrastructures are described. Emphasis is placed on the significant impact of e-infrastructures on the scientific community, including notable changes in the organization and communication among researchers facilitated by e-infrastructures. Currently, interaction between scientific fields and communities takes place through e-infrastructures platforms. The experience of the

article's authors in popularizing digital services and e-infrastructures through the organization of scientific mass events for Ukrainian scientists is described. Emphasis is placed on the increased utilization of e-infrastructures by researchers and students, as well as their understanding of the potential for enhancing the efficiency and quality of scientific research.

Keywords: digital transformation, e-infrastructures, scientific activity, digital services.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Яцишин Анна Володимирівна — д-р пед. наук, с. н. с., ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Офіс підтримки вченого, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; anna13.00.10@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8011-5956

Мозолевич Григорій Якович — канд. техн. наук, доц., Директорат науки та інновацій МОН України, просп. Берестейський, 10, м. Київ, 01135; ORCID: 0000-0002-4715-1645

Яцишин Теодозія Михайлівна — д-р техн. наук, доц., ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, Офіс підтримки вченого, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; ORCID: 0000-0001-7723-2086

Сухіх Аліса Сергіївна — канд. пед. наук, ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, Інститут цифровізації освіти, Офіс підтримки вченого, Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; ORCID: 0000-0001-8186-1715

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Iatsyshyn A. V. — D. Sc. in Pedagogy, Senior Researcher, UkrISTEI, Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Scientist Support Office, 180, Antonovycha street, Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (066) 311-19-52; anna13.00.10@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8011-5956.

Mozolevych G. Ya. — PhD in Engineering, Associate Professor, Directorate of Science and Innovations of the Ministry of Education and Science of Ukraine, 10, Beresteiska Street, Kyiv, Ukraine, 01135; ORCID: 0000-0002-4715-1645.

Yatsyshyn T. M. — D. Sc. in Engineering, UkrISTEI, Scientist Support Office, 180, Antonovycha street, Kyiv, Ukraine, 03150; ORCID: 0000-0001-7723-2086.

Sukhikh A. S. — PhD in Pedagogy, Senior Researcher, Institute of Digitalization of Education of the NAES of Ukraine, Scientist Support Office, 180, Antonovycha street, Kyiv, 03150; ORCID: 0000-0001-8186-1715.



ШАНОВНІ ПРЕДСТАВНИКИ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТА НАУКОВИХ УСТАНОВ, НАУКОВЦІ, ВІНАХІДНИКИ!

В УкрІНТЕІ впроваджено послугу “Комплексне інформаційне обслуговування”. Це актуальна і систематизована інформація з питань трансферу технологій, науково-технічного та інноваційного розвитку, що надсилається в онлайн-режимі і призначена для здійснення наукової та інноваційної діяльності. Видання надсилаються протягом року згідно з вказаною на сайті Інституту періодичністю. До вашої уваги інформаційний пакет “Комплексний” (8 видань):

- фаховий журнал “Наука, технології, інновації”;
- інформаційний бюлетень “Дослідження, технології та інновації у Європейському Союзі”;
- дайджест новин “Наука, технології, інновації”;
- дайджест трансферу технологій;
- “Збірник рефератів дисертацій, НДР та ДКР”;
- “Бюлетень реєстрації НДР та ДКР”;
- бюлетень “План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні”;
- “Закони та підзаконні акти, директивні документи у сфері вищої освіти, науки, науково-технічної інформації, науково-технологічного та інноваційного розвитку України”.

КОНТАКТИ:

телефон (044) 521-00-39,

e-mail: uintei.ua@gmail.com, uintei.info@gmail.com

Детальніше на сайті УкрІНТЕІ: www.uintei.kiev.ua

О. М. МАРЕНКОВ, канд. біол. наук, доц.

В. О. КУРЧЕНКО, м. н. с.

О. С. НЕСТЕРЕНКО, м. н. с.

РОЗРОБКА ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО КОРМУ ДЛЯ ВИНОГРАДНОГО РАВЛИКА *HELIX ASPERSA MÜLLER*

Резюме. Нині молюск *Helix aspersa* Müller є поширеним об'єктом культивування і набуває дедалі більшої популярності як об'єкт штучного розведення в Україні. У процесі вирощування виноградного равлика фермери стикаються з низкою проблем, однією з пріоритетних є паразитарні захворювання. Швидке та прогресуюче зараження молюсків призводить до їх масової загибелі. Це спричиняє значні економічні збитки для ферм, оскільки відсоток відходу равликів при паразитарних захворюваннях інколи становить майже 70 %. У зв'язку з цим виникає необхідність у ефективному та недорогому засобі (препараті), який би швидко попереджував і пригнічував розвиток паразитарних захворювань. Колективом авторів розроблено спосіб лікування равликів від паразитарних нематод. Планується розробити та реалізувати рецепт лікувально-профілактичного корму для равликів, який би мав високу ефективність і сприяв запобіганню розвитку паразитарних захворювань та/або повному звільненню молюсків від гельмінтів у короткі терміни, що буде позитивно впливати на ріст, стійкість до захворювань та виживання молюсків. Реалізація проекту дасть змогу створити перспективний бізнес із виготовлення лікувально-профілактичних кормів для виноградного равлика. Вдала реалізація проекту дозволить створити нові робочі місця для різних верств населення.

Ключові слова: виноградний равлик, лікувальний корм, геліцекультура, малакологія, паразитарні інвазії.

Мета статті полягає в дослідженні особливостей і проблем геліцекультури, наданні пропозиції щодо шляхів їх розв'язання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На сьогодні виноградний равлик *Helix aspersa* (Müller) один із популярних об'єктів геліцекультури у світі.

Останніми роками цей напрям агробізнесу набрав значної популярності в Україні. Уже сьогодні обсяги українського експорту виноградного равлика становить понад 600 т на рік (у 2022 р. експорт молюсків сягнув 609 т, у 2021 р. експортовано 907,4 т, що на 47,8 % більше ніж у 2020 р.) [1; 2].

Для українських підприємців це новий бізнес — більшість із них вирощують равликів лише останні три-чотири роки і експортують до 90 % продукції. На сучасному етапі розведенням виноградних равликів займається близько десяти великих компаній і декілька десятків дрібних фермерів.

Експортом продукції геліцекультури займаються п'ять компаній. Головні споживачі українського виноградного равлика — жителі ЄС та інших країн світу (Таїланд, Сінгапур, ОАЕ тощо). Логістика вітчизняного експорту незвичайна: спочатку живих молюсків везуть

до Литви, Румунії та Польщі, там переробляють у напівфабрикат, заморожують і доправляють на інші ринки — до Італії, Іспанії, Німеччини і Франції. Купують живого охолодженого равлика й українські ресторани.

На жаль у процесі реалізації геліцекультури фермери стикаються з низкою проблем, однією із пріоритетних є паразитарні захворювання молюсків. Швидкі та прогресуючі інвазії паразитами можуть призводити до зменшення життєздатності, біомаси, а також до масової загибелі равликів. У равликів знаходять у великій кількості як самих нематод, так і їхні яйця. Паразити швидко заражають молюсків і можуть призводити до їхньої загибелі. Окрім того, навіть при незначних інвазіях може погіршуватись якість продукції геліцекультури. виправити ситуацію можна шляхом створення спеціального лікувально-профілактичного корму, який би можна було б застосовувати на всіх вікових групах виноградного равлика при високій щільності посадки, що потребує виробничий процес.

Відомо використання у ветеринарній медицині в ролі антигельмінтного препарату альбендазолу для боротьби з глистними інвазіями крупного і дрібного рогатого скоту, свиней, птахів [3; 4; 5]. Альбендазол є ефективним проти цестод, трематод і нематод, а також володіє

ооцидною дією. Механізм дії препарату полягає в порушенні метаболізму, пригніченні активності фумаратредуктази та синтезу АТФ паразита, що приводить до загибелі гельмінта. У наукових джерелах інформація щодо наявних заходів лікування молюсків від гельмінтозів є досить обмеженою: у повному обсязі проблему не описано, за винятком патенту, що розроблений на основі наших власних досліджень [6].

За результатами досліджень у ході експериментів кращі показники антигельмінтної дії та виживання равликів отримані при використанні альбендазолу 10 % при додаванні його в комбікорм у кількості 2 % від живої маси молюсків (без урахування маси черепашки). Використання подвійної дози альбендазолу (2 %) має посилений лікувальний ефект при використанні препарату трикратно через одну добу. Такий спосіб є надійним і дешевим у лікуванні виноградного равлика при нематодозах [6]. Однак для зручності у використанні було б доцільніше мати вже готовий корм, який мав би лікувальний ефект.

Нині в Україні немає лікувальних кормів для равликів. ГО “Українська Асоціація Виробників Равликів”, яка є платформою для обміну досвідом, а також допомагає у створенні, підтримці сімейних і високотехнологічних равликових ферм, безпосередньо зацікавлена в розробленні таких лікувально-профілактичних кормів, оскільки неодноразово стикалися з проблемою захворювання равликів.

Реалізація проекту дасть змогу створити перспективний бізнес із виготовлення лікувально-профілактичних кормів для виноградного равлика. Цей напрям є частиною великого напрямку розвитку аграрного сектору, який розвивається в Україні та за її межами. Планується розробити та реалізувати рецепт лікувально-профілактичного корму для равликів, який би мав високу ефективність і сприяв запобіганню розвитку паразитарних захворювань та/або повному звільненню молюсків від гельмінтів у короткі терміни, що буде позитивно впливати на ріст, стійкість до захворювань та виживання молюсків. Реалізація проекту передбачає широкий діапазон діяльності: наукові та екологічні заходи; публікації; тренінги; семінари; розробка власного рецепту та виготовлення лікувально-профілактичного корму; розроблення та впровадження практичних рекомендацій; впровадження у виробництво (у практику роботи підприємств); захист інтелектуальної власності (отримання патентів, охоронних документів). Реалізація проекту може стати важливим кроком у розв’язанні проблем равликових ферм усієї України та сприяти їх успішному економічному розвитку. На сучасно-

му етапі розроблено ідею та концепцію, проєкт перебуває на етапі розробки рецептури лікувального корму та потребує інвестицій. Отримано експериментальний зразок продукції та проведено експеримент щодо його ефективності.

ВИСНОВКИ

Отже, вирощування равликів є новим перспективним бізнесом в Україні. Однак вагомою проблемою для фермерів є паразитарні захворювання. Для розв’язання цієї проблеми пропонується розробити унікальну рецептуру лікувального корму, який зменшить відсоток загибелі товарних равликів, оскільки матиме лікувальний, імуностимулювальний та ростостимулювальний ефекти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Експорт равликів з України скоротився майже на 40 % [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://dia.dp.gov.ua/eksport-ravlikiv-z-ukra%D1%97ni-skorotivsya-majzhe-na-40/>.
2. Експорт українських равликів у 2021 році зріс на 47,8 % [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/eksport-ukrayinskyh-ravlykiv-u-2021-roczizris-na-478/#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%BC%202021%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0%20%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B0,%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B5%2C%20%D0%BD%D1%96%D0%B6%20%D0%B7%D0%B0%202020%20%D1%80%D1%96%D0%BA>.
3. Cabaret J. Snail farming: A survey of breeding management, hygiene and parasitism of the garden snail, *Helix aspersa* müller / J. Cabaret, S. Morand, S. Aubert, P. Yvore // J. Moll. Stud. — 1988. — No. 54. — P. 209–214. <https://doi.org/10.1093/mollus/54.2.209>.
4. Laznik Ž. Massive occurrence and identification of the nematode *Alloionema appendiculatum* Schneider (Rhabditida: Alloionematidae) found in Arionidae slugs in Slovenia / Ž. Laznik, J. L. Ross, S. Trdan // Acta agriculturae Slovenica. — 2010. — No. 95(1). — P. 43–49.
5. Демидов И. В. Антигельминтики в ветеринарии / И. В. Демидов. — М. : Колос, 1982. — С. 279–283.
6. Спосіб лікування виноградного равлика (*Helix aspersa* (Müller)) від нематодозу: Патент України на корисну модель № 132006 / Н. Б. Єсіпова, О. М. Маренков, В. О. Курченко, О. С. Нестеренко. — МПК (2017.01) A01K 61/50, (2016.01) A23K 50/80. № u201808530, заявл. 06.08.18 р.; опубл. 11.02.19 р., Бюл. № 3.

REFERENCES

1. Eksport ravlykiv z Ukrainy skorotyvsia maizhe na 40 % [Export of snails from Ukraine decreased by almost 40 %]. Retrieved from: <https://dia.dp.gov.ua/eksport-ravlikiv-z-ukra%D1%97ni-skorotivsya-majzhe-na-40/> [in Ukr.].

2. Eksport ukrainskykh ravlykiv u 2021 rotsi zris na 47,8 % [Export of Ukrainian snails increased by 47.8 % in 2021]. Retrieved from: <https://agro-times.ua/tvarinnitstvo/eksport-ukrayinskyh-ravlykiv-u-2021-rotsi-zris-na-478/#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%BC%202021%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0%20%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B0,%D0%B1%D1%96-%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B5%2C%20%D0%BD%D1%96%D0%B6%20%D0%B7%D0%B0%202020%20%D1%80%D1%96%D0%BA.> [in Ukr.].
3. Cabaret, J., Morand, S., Aubert, S., & Yvore, P. (1988). Snail farming: A survey of breeding management, hygiene and parasitism of the garden snail, *Helix aspersa* müller. *J. Moll. Stud*, 54, P. 209–214. <https://doi.org/10.1093/mollus/54.2.209>.
4. Laznik, Ž., Ross, J. L., & Trdan, S. (2010). Massive occurrence and identification of the nematode *Alloionema appendiculatum* Schneider (Rhabditida: Alloionematidae) found in Arionidae slugs in Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica*, 95 (1), 43–49.
5. Demidov, I. V. (1982). Antyhelmyntyky v veterinaryary [Anthelmintics in veterinary medicine]. Moscow, P. 279–283. [in Russ.].
6. Yesipova, N. B., Marenkov, O. M., Kurchenko, V. O., & Nesterenko, O. S. (2019). Sposib likuvannia vynohradnoho ravlyka (*Helix aspersa* (Müller)) vid nematodozu [Method of treatment of grape snail (*Helix aspersa* (Müller)) from nematodes]. *Ukrainian patent for a utility model No. 132006*. IPC (2017.01) A01K 61/50, (2016.01) A23K 50/80. № u201808530, declared 06.08.18; published 11.02.19, bulletin No. 3. [in Ukr.].

O. M. MARENKOV, PhD in Biology, Associate Professor

V. O. KURCHENKO, Junior Research Fellow

O. S. NESTERENKO, Junior Research Fellow

DEVELOPMENT OF THERAPEUTIC AND PREVENTIVE FEED FOR THE GRAPE SNAIL *HELIX ASPERSA* MÜLLER

Abstract. Currently, the mollusk *Nelix aspersa* Müller is a common object of cultivation, and is gaining more and more popularity as an object of artificial breeding in Ukraine. Unfortunately, when growing grape snails, farmers face a number of problems, one of the priority ones being parasitic diseases. Rapid and progressive infection of molluscs leads to their mass death. This leads to significant economic losses for farms, as the percentage of snails leaving due to parasitic diseases is sometimes almost 70 %. In this regard, there is a need for an effective and inexpensive tool (drug) that would quickly prevent and suppress the development of parasitic diseases. The team of authors has developed a method of treating snails from parasitic nematodes. It is planned to develop and implement a recipe for therapeutic and preventive feed for snails, which would have high efficiency and contribute to the prevention of the development of parasitic diseases and (or) the complete liberation of mollusks from helminths in a short time, which in turn will have a positive effect on growth, resistance to diseases and survival of molluscs. The implementation of the project will allow to create a promising business in the production of therapeutic and preventive feed for the grape snail. Successful implementation of the project will create new jobs for different segments of the population.

Keywords: grape snail, therapeutic fodder, heliceculture, malacology, parasitic infestations.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Маренков Олег Миколайович — канд. біол. наук, доц., проректор з наукової роботи, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010; +38 (066) 512-29-44; gidrobions@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3456-2496

Курченко Вікторія Олександрівна — м. н. с. НДЛ гідробіології, іхтіології та радіобіології НДІ біології, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010; +38 (099) 301-16-32; kurchenko.viktoria.3@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1199-3760

Нестеренко Олег Станіславович — м. н. с. НДЛ гідробіології, іхтіології та радіобіології НДІ біології, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010; +38 (095) 141-14-42; nefesst@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7407-7911

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Marenkov O. M. — PhD in Biology, Associate Professor, Vice-rector for research, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University; 72, Haharin Ave, Dnipro, Ukraine, 49010; +38 (066) 512-29-44; gidrobions@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3456-2496

Kurchenko V. O. — Junior Research Fellow, Research Laboratory of Hydrobiology, Ichthyology and Radiobiology of Research Institute of Biology, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University; 72, Haharin Ave, Dnipro, Ukraine, 49010; +38 (099) 301-16-32; kurchenko.viktoria.3@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1199-3760

Nesterenko O. S. — Junior Research Fellow, Research Laboratory of Hydrobiology, Ichthyology and Radiobiology of Research Institute of Biology, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University; 72, Haharin Ave, Dnipro, Ukraine, 49010; +38 (095) 141-14-42; nefesst@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7407-7911

Сучасний розвиток соціально-економічних відносин у глобальному світі має тісний взаємозв'язок з інноваційним потенціалом різних галузей економіки. Тому наявність і розвиток успішних стартапів в інноваційній сфері є значною тенденцією для будь-якої країни. Основним завданням сучасної держави вважається економічне піднесення країни, оскільки саме стартап є запорукою сталого економічного зростання. Це є впровадження нової технологічної модернізації та розвитку інноваційних галузей економіки. Головним етапом цього розвитку вважається “інновація”, яка включає нові ідеї та вирішення проблем сучасного суспільства. В умовах сьогодення світова стартап-економіка досягла високого рівня розвитку, володіючи розвиненою інноваційною інфраструктурою, різними інструментами та моделями фінансування стартапів на різних етапах їх життєвого циклу.

Представляємо актуальні стартапи українських вчених.

TSOLAR INTEGRATION

Solar Integration — Сонячний концентратор і теплоаккумулятор до нього, для накопичення сонячної теплової енергії і використання її в потрібний момент для обігріву будинку, нагріву води, електрогенерації. Екологічний, альтернативний, енергозберігаючий проєкт.

Ціль проєкту — забезпечення споживачів теплоенергією для обігріву житла, гарячої води, готування їжі, генерування електроенергії.

Сайт: <https://igitski.wixsite.com/solar-integration>

Об'єкт патенту — теплоаккумулятор сонячної енергії для будинку.

Галузь застосування — теплотехніка, теплоенергетика та альтернативна енергетика, зокрема засоби акумуляції тепла сонячного випромінювання або надлишкової сонячної електрогенерації.

Суть патенту — теплоаккумулятор виконаний у бетонному гідроізолюваному корпусі з теплоізоляцією, використовує твердий теплоносієм для накопичення тепла до 800 °C від сонячного концентратора або від надлишкової електроенергії. Також використовує газовий теплообмінник, наприклад повітряний. Керується електронно-механічним блоком управління.

Технічний результат — теплоаккумулятор придатний для розташування і використання біля будинку. Придатний для накопичення і утримання теплової енергії високої температури до кількох місяців, та використання накопиченого тепла для обігріву будинку, нагріву води, електрогенерації, кондиціонування, приготування їжі.

OASIS

Oasis — розумна система поливу нового покоління: система здатна збирати інформацію з датчиків та на її основі приймати рішення про полив, додаткову вентиляцію або вприскування добрив; користувачі можуть керувати будь-яким вузлом і агрегатом, під'єднаним до системи з будь-якої точки світу; відкрите ПЗ (Open Source) і відкритий API дозволяють створювати власні модифікації продукту і легко інтегрувати з будь-якою системою автоматизації.

Сайт: <http://oasis.hydro-depth.com/>

Приклади використання системи OASIS:

- <https://youtu.be/tLzi8htfchs>
- <https://youtu.be/oiBUseguVPc>

GROMM — GLOVE-RESTORER OF MUSCULAR MOBILITY

Рукавичка “Glove-restorer of muscular mobility” це пристрій, який має повністю відновити рухливість руки.

Пристрій призначений для заміни рухливості м'язів, і під час використання буде реабілітовувати саму руку від атрофії. Після відновлення руки з'являється атрофія, тому рукавичка компенсує цю атрофію і дасть змогу працювати рукою як до травми та паралельно реабілітувати її.

Дохід планується від продажу девайса.

Відеопрезентація стартапу: <https://youtu.be/XG6M6OC9mqA>

Стартап-проєкт GROMM став одним із переможців XI Фестиваль інноваційних проєктів “Sikorsky Challenge 2022: Інноваційна трансформація України” і отримав номінацію “Краща ідея стартапу” в секції “Біомедицина інженерія і здоров'я людини”.

UNWAVE

UnWave — протилежність мікрохвильовки. Ідея проєкту — зменшити час очікування охолодження напоїв, супів, каш та інших побутових страв. Прилад контролює охолодження до вказаної користувачем температури, після досягнення значення, автоматично зупиняється і подає звуковий сигнал, також кольором світлодіода сигналізує безпечність вживання страви для людини. Вся інформація виводиться на дисплей, управління відбувається трьома сенсорними кнопками, зчитування температури забезпечується безконтактним датчиком, активне охолодження здійснюється кулером.

Press Kit стартапа UnWave: <http://bit.ly/3laYXbQ>

Застосування UnWave на практиці:

- <https://youtu.be/cnvsDxaNUR0>
- <https://youtu.be/Ig4p8zHGZng>

MEDGUARD

Проєкт MedGuard є продовженням розробленої роботизованої системи в рамках кампанії “Відповідальна ІТ-освіта”, яка з вересня 2020 року проходить на кафедрі КН ФІТКІ у ВНТУ і заохочує студентів бути пильними та відповідальними під час пандемії, а заодно здійснювати дослідження, генерацію креативних ідей та подальшу підготовку прикладних проєктів для запобігання поширенню COVID-19.

Система базується на платі Arduino Uno та інфрачервоному модулі для безконтактного вимірювання температури тіла людини. Розроблено програмне забезпечення для обробки вимірюваних величин. У системі є LCD-дисплей, що відображає інформацію про поточну температуру та рекомендує подальші дії. MedGuard виконує безконтактне вимірювання температури тіла людини в реальному часі, найбільш інформативними зонами є чоло, зап'ястя або шия.

Систему тестували на декількох сотнях добровольців, як студентів, так і викладачів ВНТУ. MedGuard робить неможливим зараження Covid-19 під час вимірювання температури тіла людей, які заходять у приміщення. Система також має контроль доступу, що складається з пристрою зчитування карток RFID, модуля Wi-Fi, сервера та серверного програмного забезпечення, де зберігаються дані кожної людини: ідентифікатор картки RFID, прізвище особи, дата, виміряне значення температури. MedGuard представлений у двох версіях — стаціонарній та мобільній (у вигляді мобільного робота).

Відеопрезентація:

https://drive.google.com/file/d/1qagOMKPc3HdiFS54_ZSFL8io1UlnXMqA/view?usp=sharing

СПЕКТРОМІКРОПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ БІОМЕДИЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

Spectromicropolarimeter for biomedical applications — розроблення нових методів діагностики, лікування та профілактики найбільш поширених захворювань людини

Розроблений прилад дозволяє проводити поляризаційно-спектральні вимірювання в системах обробки зображень біотканин як режимі *in vitro*, так і візуалізацію патологій *in vivo*. Програмне забезпечення для мікрополяриметра дозволяє розраховувати статистичні характеристики зображень біозразків, проводити їх комплексний цифровий аналіз. Результати діагностики візуалізуються у цифровому та картографічному вигляді на екрані монітору за допомогою оригінального програмного продукту. Прилад спектромікрополяриметр простий і звичний для обслуговування в клінічних умовах завдяки основі (мікроскоп), має високу точність у визначенні спектральних та поляризаційних характеристик, можливість оперувати в результатах не лише зображеннями біотканин, але й їх спектрально-поляризаційними картами.

Вирішує проблеми:

- онкологічні захворювання епітеліальних тканин на ранніх доклінічних стадіях діагностики (стан початкового онкопроцесу);
 - колагенові захворювання;
 - амілоїдні хвороби;
 - кісткові та дегенеративно-дистрофічні захворювання людини.
- <http://www.chnu.edu.ua/>

Науково-технологічний розвиток і конкурентоздатність країни залежить від ступеня її участі у процесі генерації результатів інтелектуальної діяльності та їх реалізації. Орієнтація сучасного світу на високотехнологічне промислове виробництво та інтенсифікація інноваційної діяльності у науково-технічній сфері — характерні ознаки нашого часу. При цьому зростання змін значною мірою забезпечується інтелектуальними ресурсами, переважно об'єктами інтелектуальної власності (ОІВ), цінність яких неперинно зростає. Сьогодні у розвинених країнах світу доходи від створення та використання ОІВ становлять, як правило, більше половини національного прибутку. Тому, наявність ОІВ в діяльності окремих суб'єктів господарської діяльності та ефективне управління ними не тільки захищає бізнес, а й підвищує вартість компанії, збільшує розмір активів і забезпечує додатковий дохід.

■ НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПАЛИВА З ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ

Призначення. Розроблення безпечної, енергоефективної та соціально важливої технології виготовлення композиційного палива з відходів, яка допоможе додатково отримувати енергетичні ресурси та скоротить кількість техногенних утворень, що накопичені в результаті роботи промисловості.

Області застосування. Підприємства гірничої, хімічної та целюлозно-паперової галузей.

Опис. Запропонована технологія виготовлення композиційного палива з відходів дає можливість отримати додаткову енергетичну сировину при розробці техногенних родовищ, які представлено промисловими відходами вуглезбагачення, хімічної та целюлозно-паперової галузей.

Визначення гранулометричного складу (а також седиментаційного аналізу для фракцій відходів до 50 мк) та хімічного складу (з визначенням вмісту золи та сірки, показників вологості, виходу летких речовин) для обґрунтування процесів підготовки виготовлення композиційного палива (грохочення або дроблення), застосування фізико-механічного (хімічного) впливу на стан техногенної сировини (яка складає дисперсні системи), перемішування, виготовлення, сушіння (у разі потреби) для отримання готового композиційного палива. Складання ескізів карт можливих технологічних ліній для промислового виготовлення композиційного палива з відходів виробництв вуглезбагачення, хімічної та целюлозно-паперової галузей.

Переваги. Відрізняється різноманітністю технологічних прийомів і можливістю використання різних видів мінеральної сировини для отримання готового композитного палива з відходів, тому параметри і процеси технології мають варіативний характер. Розроблена технологія виготовлення композиційного палива також відрізняється дуже малою енергоемністю — для отримання 1 т готової продукції витрачається до 10 кВт/год.

Технічні характеристики. Принциповою відмінністю від традиційного грудкування є те, що під час електрокінетичних (адгезійно-хімічних) процесів із застосуванням в'язучих непотрібно створювати значний тиск, що дорівнює 1–5 МПа/м² та 10–30 МПа/м² без в'язучих, а також нагрівання сировини до 100–120°C. Технологія забезпечує: багатоваріантність складових відходів виробництва — вугільної, целюлозно-паперової та хімічної галузей енергетики; нижню теплоту згоряння на робочу суху речовину (палива) — 4200–5400 ккал/кг; зольність — до 28%; вологість — до 8–10%; вміст сірки — до 1,5%; вихід летких речовин - до 36%; міцність на одноосовий тиск - до 8–10 кг/см². Виготовлено 10 дослідних партій твердого палива вагою кожна по 15 кг. Залучення отриманих композиційних паливних продуктів до інших галузей виробництва не тільки поширює діапазон застосування цієї технології, а й поліпшує техніко-економічні показники гірничих підприємств, а також знижує навантаження на довкілля при додатковому вивільненні земельних угідь.

Стадія готовності. Перевірено в лабораторних умовах.

Орієнтовна вартість технології та витрат на впровадження: 6,9 тис. грн.

Пропозиції щодо співробітництва. Спільне доведення до промислового рівня.

■ МЕДИЦИНА

ЛАЗЕР ХИРУРГИЧЕСКИЙ ДИОДНЫЙ “LIKA-SURGEON+”

Призначення. Застосовується для лікування травм різної локації та етіології, вогнепальні травми, станів після операцій з приводу ампутацій кінцівок, станів після пластики дефектів м'яких тканин, опіків та ран, ушкодження м'язів, тендинітів, артрозів, тендовагінітів, епиконділітів, бурситів, тунельних синдромів, остеохондрозу, дорсалгії різної локації, радикулітів, гриж міжхребцевих дисків.

Області застосування. Медицина.

Опис. Лазерна термотерапія допомагає у відновленні військових, після отриманих травм у ході бойових дій. Застосування лазерної термотерапії (ЛТТ) з використанням ближнього інфрачервоного лазерного випромінювання у медицині невідкладних станів.

Переваги. Лазерна термотерапія передбачає нагрівання біологічної тканини в процесі впливу лазерним випромінюванням ближнього інфрачервоного діапазону спектру (довжини хвиль 810 нм, 1060 нм) до температури 37–42°C, що не викликає незворотніх змін біотканини. Оптичне випромінювання цих довжин хвиль слабо поглинається молекулами біологічних тканин, що забезпечує проникнення випромінювання в глибину тканин з незначним зменшенням цільності потужності оптичного випромінювання за глибиною.

Технічні характеристики. Довжина хвилі: 810 нм; 1060 нм. Потужність лазерного випромінювання: 10 Вт–20 Вт.

Новизна. 5 патентів.

Стадія готовності. Впроваджено у виробництво.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Реалізація готової продукції.

■ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ І ТЕХНОЛОГІЇ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ АДАПТАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ

Призначення. Для реєстрації пульсової хвилі (сигнал формується за допомогою вбудованої веб-камери смартфона).

Області застосування. Охорона здоров'я. Заклади охорони здоров'я України різного рівня, індивідуальні користувачі регіонів України.

Опис. Розроблено оригінальний метод побудови та відображення на екрані смартфона пальцевої фотоплетизмограми за допомогою вбудованої веб-камери смартфона, який, на відміну від відомих, не потребує додаткових технічних засобів для реєстрації сигналу. Метод реалізовано в програмному застосунку до смартфона, що забезпечує оцінювання адаптаційних можливостей організму та надає інтегральну характеристику про властивості кровоносних судин. Експериментальні дослідження, проведені на групі з 26 волонтерів різної статі у віці від 20 до 82 років (більш як 500 фотоплетизмограм) підтвердили надійність запропонованих алгоритмічних та програмних засобів.

Переваги. Самодостатність програмного забезпечення для проведення діагностики з використанням лише вбудованих засобів смартфона без додаткових зовнішніх джерел сигналу.

Техніко-економічний ефект. Соціальна значущість — підвищення ефективності надання медичної допомоги як в закладах охорони здоров'я, так і в домашніх умовах для профілактики захворювань, збільшення терміну ремісії та зменшення рецидивів захворювань. Економічна значущість — застосування створеної технології в закладів охорони здоров'я та на дому забезпечує підвищення ефективності та зменшує терміни та витрати на діагностику, лікування та реабілітацію захворювань серцево-судинної системи.

Новизна. 1 патент.

Стадія готовності. Перевірено в лабораторних умовах.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Спільне доведення до промислового рівня.

■ ПЛАЗМА

ПЛАЗМОВЕ НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТІВ З КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ (Ti, Cr)C-Ni

Призначення. Для впровадження на підприємствах авіаційної, оборонної та машинобудівної галузей промисловості, з метою підвищення ресурсу роботи деталей і обладнання, що працюють в умовах тертя без мастила при підвищених температурах, а також ремонту і відновлення геометричних розмірів зношених деталей для їх повторного використання.

Області застосування. Підприємства авіаційної, машинобудівної, енергетичної, хімічної, деревообробної, поліграфічної, металургійної. Доцільним є використання в авто- та авіабудуванні, зокрема в двигунобудуванні, при виготовленні газотурбінних двигунів та двигунів внутрішнього згоряння.

Опис. Розроблено технологію нанесення зносостійких покриттів з композиційного матеріалу плакованого типу на основі подвійного карбіду титану-хрому (TiCrC)-Ni плазмовим способом на деталі авіаційної та наземної техніки, яка дозволяє підвищити надійність, ресурс, температуру експлуатації деталей та вузлів та знизити витрати на ремонт та виготовлення нових запчастин.

Переваги. Технологія газотермічного напилення має ряд переваг перед існуючими технологіями нанесення покриттів та відновлення деталей, такими як хімічна, гальванічна, зварювання та наплавка. Дозволяє наносити покриття товщиною від 0,05 до 3 мм. Відрізняється високою продуктивністю. Дозволяє наносити покриття з різноманітних матеріалів, у тому числі тих що мають температуру плавлення більшу ніж 2000°C: металів, сплавів, оксидів та композиційних матеріалів.

При напиленні деталей має температуру не більше 150–200°C, що виключає порушення геометрії деталей складної форми (поведення), дозволяє наносити покриття на деталі виготовлені з різних матеріалів (алюміній, мідь, залізо та їх сплави). Немає токсичних відходів.

Техніко-економічний ефект. Техніко-економічний ефект від відновлення одного виробу методом плазмового напилення становить до 90% вартості цього виробу, оскільки видатки відновлення становлять 10–50% залежно від вартості нового виробу. Багаторазове використання відновлених деталей дозволяє знизити споживання високолегованих сталей та сплавів. Нанесення зносостійких та жаростійких покриттів на робочі поверхні збільшує термін служби виробу на 30–50%, що також знижує витрати на виготовлення запасних частин. Збільшується міжремонтний термін експлуатації та знижуються витрати на ремонт обладнання загалом.

Пропозиції щодо співробітництва. Спільне доведення до промислового рівня.

■ МЕТАЛУРГІЯ

ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОЯКІСНИХ ЗЛИВКІВ І НАПІВФАБРИКАТІВ З НОВОГО ДИСПЕРСІЙНО-ЗМІЦНЮВАНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Al-Mg, ДОДАТКОВО ЛЕГОВАНОГО ПЕРЕХІДНИМИ ТА РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИМИ МЕТАЛАМИ

Призначення. Для одержання високоякісної металопродукції з нового сплаву системи Al-Mg-PM-РЗМ з економічним використанням енергії та матеріалів.

Області застосування. Металургійна та машинобудівна галузі.

Опис. Для одержання високоякісних виробів з нового сплаву системи Al-Mg-PM-РЗМ застосовується комплекс вакуумного МГД-оброблення, який забезпечує оброблення розплаву електромагнітним полем та електричним струмом, постійне електромагнітне перемішування розплаву на всіх етапах приготування сплаву, вакуумне рафінування, фільтрування розплаву через пористий керамічний фільтр, подачу розплаву під електромагнітним тиском в кристалізатор машини безперервного лиття, ведення всіх процесів плавки та лиття в захисній атмосфері, регульоване електромагнітне перемішування сплаву в кристалізаторі під час лиття та кристалізації зливоків.

Переваги. Вироби з нового сплаву, одержані за розробленою технологією, перевищують відомі аналоги за механічними властивостями та корозійною стійкістю.

Техніко-економічний ефект. Промислова перевірка показала, що створені технології рафінування та легування алюмінієвих сплавів дозволяють знизити температуру перегрівання (з 1100°C до 800°C) металу в МГД-установці при приготуванні сплавів з тугоплавкими металами, а також скоротити в 2 рази тривалість гомогенізаційного відпалу зливків. Це дозволяє економити до 30% енергоресурсів. Розроблена технологія дозволяє уникнути використання шкідливого для здоров'я та оточуючого середовища берилію при приготуванні сплавів системи системи Al-Mg-ПМ-РЗМ.

Новизна. 3 патенти.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Спільне доведення до промислового рівня.

■ МЕТАЛОФІЗИКА

ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ ЗНОСО- ТА УДАРОТРИВКИХ ПОКРИТТІВ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ПОРОШКОВИМИ СТІЧКАМИ

Призначення. Для підвищення довговічності та надійності робочих елементів обладнання, що працює за умов ударно- абразивного зношування.

Області застосування. Розроблена технологія може бути запропонована для підвищення довговічності деталей обладнання та інструментів, що експлуатуються в енергетичній (теплова та відновлювальна енергетика), нафтогазовій, гірничо-металургійній, переробній (перероблення пластикових та ін. відходів), транспортній (дорожньо-ремонтні машини) і використовуватись як на стадії зміцнення нових деталей так і на стадії ремонтних робіт.

Опис. Технологія передбачає зносотривке наплавлення поверхонь сталевих деталей із використанням порошкових стрічок, які містять реакційні суміші порошків тугоплавких металів (Mo, Ti, Nb, V) із карбідом бору.

В основі технології лежить отримання матрично-армованої структури наплавленого поверхневого шару, де роль армівної фази вперше виконують складні бориди Fe-Mo.

Переваги. Запропонована за результатами досліджень технологія характеризується гнучкістю та універсальністю порівняно із серійними технологіями, оскільки дозволяє значно підвищити одночасно абразивну та ударно-абразивну зносотривкість, тоді як існуючі технології наплавлення високохромистими, високовольфрамовими матеріалами та аналогами високолегованих сталей, дозволяють суттєво підвищити лише одну із характеристик.

Техніко-економічний ефект. Використання запропонованої технології дає можливість підвищити довговічність ряду швидкозношуваних деталей, які працюють в абразивному середовищі під дією циклічних або знакозмінних навантажень, зокрема довговічність шнеків пресів для виготовлення будівельної кераміки після наплавлення зростає в 1,9–2,0 рази порівняно із такими що наплавлені електродами Lastek2400, пуансонів для виготовлення паливних брикетів із деревної біомаси та ножів- корознімачів — в ~2,5 рази, порівняно із наплавленими електродами T590, великогабаритних литих деталей розмольних агрегатів (роторів та бронеї) із високомарганцевих сталей — в 1,5–2,0 рази, різців дорожніх фрез — в 1,8–2,0 рази. У кожному окремо взятому випадку техніко-економічний ефект досягається як шляхом збільшення міжремонтного періоду так і можливістю проведення багатократного відновлення.

Технічні характеристики. Гелеве паливо має консистенцію густої пасти прозоро-білого кольору, під час горіння не утворює кіптяви, не задувається поривами вітру. 25 г гелевого палива здатне горіти протягом 15 хв дає змогу закип'ятити 200 мл води за 10 хв.

Новизна. 2 патенти.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Доведення до промислового рівня.

■ НОВІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

АВТОМАТИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ДИХАННЯМ

Призначення. Для створення програмно-апаратного комплексу керування диханням у реальному часі за персоніфікованою формулою дихання і подальше його застосування як додаткову терапію для полегшення симптомів посттравматичного стресового розладу (ПТСР) разом із медикаментозним впливом, або замість нього, та для підвищення точності існуючих методів оцінки функціонального стану людини.

Області застосування. Психологічна реабілітація та профілактика.

Опис. Технологія, що розроблена, дозволяє використовувати електрокардіограму з першого відведення не тільки для оцінки психоемоційного стану людини, а також для синхронного управління формулою дихання (вдих-пауза-видих-пауза). В склад програмного забезпечення технології включені вже відомі формули дихання для різних цілей (розслабитись, підняти тонус, знизити тиск і т.і.). Використання технології дозволяє ефективно нормалізувати баланс вегетативної нервової системи людини (наприклад, знизити рівень тривожності) на початку сесії з психологічної реабілітації або в побуті.

Автоматизована технологія побудована як програмно-апаратний комплекс керування диханням у реальному часі за персоніфікованою формулою дихання, при цьому персоналізація досягається за рахунок обробки в реальному часі електрокардіограми першого відведення та використання RR-інтервалів як часових координат формули дихання.

Переваги. Поєднання автоматизованої оцінки психо-емоційного стану людини з неінвазивним впливом на баланс вегетативної нервової системи людини, автоматизована синхронізація формули дихання з пульсом людини, підвищення ефективності психологічної реабілітації за рахунок використання автоматизованої технології управління диханням на початку сесії психолога.

Техніко-економічний ефект. Наслідки стресового розладу негативно впливають на стосунки людини з оточуючими, членами родини і співробітниками. Цей вплив може бути зменшений за рахунок зменшення часу, що необхідний для надання кваліфікованої психологічної допомоги. Застосування практичним психологом технік та навичок стабілізації, саморегуляції клієнта має важливе значення в процесі психологічного консультування. На сьогоднішній день близько 70 % клієнтів, що звертаються за психологічною допомогою мають підвищений рівень тривожності, депресивні епізоди, не володіють конструктивними навичками подолання стресу, мають психосоматичні проблеми. Така статистика призводить до таких негативних соціальних явищ, як втрата роботи, збільшення кількості розлучень, схильність до самогубства тощо. Підвищення ефективності психологічної допомоги навіть на 5–10 % дасть змогу значно покращити стан соціалізації тисячам українців, особливо це буде актуальним для пацієнтів з діагнозом “посттравматичний синдром”.

Новизна. 1 патент.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Виготовлення за вимогами замовника, постачання.

■ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ, ВИЯВЛЕННЯ І ПЕЛЕНГАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У КОНТРОЛЬОВАНОМУ ПРОСТОРИ

Призначення. Для динамічного конфігурування зон захисту контрольованого простору та вирішення широкого спектру задач, таких як ідентифікація та локалізація акустичних загроз, трасування руху акустичних цілей.

Області застосування. Виробництво інструментів і обладнання для вимірювання, дослідження та навігації. Відкрите акціонерне товариство “Меридіан” імені С.П. Корольова

Опис. 1. Розроблено комплексну акустичну систему динамічного конфігурування зон захисту контрольованого простору. 2. Розроблені методи, алгоритми та процедури для формування графічних відображень звукових хвиль, які містять у собі інформацію щодо особливостей часової локалізації акустичних сигналів. 3. Розроблено метод зіркової кластеризації, який додатково

перевіряє на істинність набори точок збігу для графічних відображень та дає змогу значно знизити можливість виникнення помилкових збігів. 4. Розроблено апаратну систему, яка передбачає застосування доступного набору мікросхем порівняно невисокої вартості навіть у випадку використання розгалуженої мережі сенсорів.

Переваги. Значно вища точність виявлення акустичних подій, покращений аналіз акустичного спектру для визначення типу джерела події, підвищена точність визначення відстані та напряму до джерела акустичної події.

Техніко-економічний ефект. Підвищення точності виявлення типів акустичних подій на 32,6% у порівнянні з існуючими аналогами; підвищення точності визначення відстані до джерела звуку акустичної події на 29,65 % у порівнянні з аналогами.

Новизна. 2 патенти.

Стадія готовності. Випробувано в режимі дослідної експлуатації.

Додаткове фінансування. Залежить від об'єму замовлення.

Пропозиції щодо співробітництва. Спільне доведення до промислового рівня.

■ БІОТЕХНОЛОГІЇ

БІОТЕХНОЛОГІЯ ВИДІЛЕННЯ ЛІЗОЦИМУ З БІЛКІВ ПТАШИНИХ ЯЄЦЬ

Призначення. Для створення нових препаратів антибактеріальної, протигрибкової, протизапальної та імунomodуючої дії. Для виділення та очищення лізоциму с- та g-типів з білків пташиних яєць; очищення ензимів із використанням гель-хроматографії. Встановлення білково-фракційного складу, молекулярної маси виділених та очищених препаратів методами електрофорезу у ПААГ та MALDI; Вивчення спектральних характеристик (УФ-спектроскопія, люмінесценція).

Області застосування. Хімія білків, ензімологія, молекулярна біологія, біотехнологія, фармація для використання у медичній практиці

Опис. Запропоновано нові підходи до одержання в лабораторних умовах лізоцимів с- та g-типів. Запропоновано модифікацію лабораторного методу виділення лізоциму с-типу з білків курячих та перепелиних яєць, що дозволяє отримувати ензим з чистотою 98% та гідролітичною активністю 22025 од/мг та відповідає такому фірмовому препарату "AppliChem". Для розробки способу виділення лізоциму g-типу досліджено вплив об'ємних співвідношень білок: розчинник, температурних режимів проведення процесу. Виявлено, що для лізоциму g-типу використання методу термічної денатурації домішкових білків є недоцільним внаслідок втрати активності. Методом гель-хроматографії з попередньою стадією ліофілізації отримано частково очищений лізоцим g-типу з гідролітичною активністю 1333 Од/см3.

Переваги. Аналоги в Україні відсутні.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Пропозиції щодо співробітництва. Трансфер технологій та інші напрямки спільної діяльності.

Літературний редактор — А.О. Ласкова-Ярмоленко

Верстка — А.Є. Мельник

Підписано до друку 30.06.2023 р. Тираж 100 прим. Формат 60×84 1/8.

Умов. друк. арк. 10,23. Обл.-вид. арк. 11,54. Зам. № 07.

Верстка та друк номера — ДНУ "Український інститут науково-технічної експертизи та інформації"

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців

серія ДК № 5332 від 12.04.2017 р.