УДК 001.89:005.6:378
UDC 001.89:005.6:378
DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-014-023

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ СТЕЙКХОЛДЕРІВ УНІВЕРСИТЕТУ В НАПРЯМКУ ВІДПОВІДНОСТІ ЦІЛЯМ СТАЛОГО РОЗВИТКУ



Дмитриченко Микола Федорович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044) 2808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318*

https://orcid.org/0000-0003-4223-1838



Oleksandr Gryshchuk*, Ph.D., Professor, National Transport University, Professor of Truism Department, e-mail: gryshchuk@ntu.edu.ua, tel. (044)2802014, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 330,*

https://orcid.org/0000-0003-2993-5566



Харута Віталій Сергійович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, kharuta_vitaliy@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0002-8897-7558



Харченко Анна Миколаївна*, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: anna-x3@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 323,*

https://orcid.org/0000-0001-8166-6389

Summary. The article is devoted to the results of the application of university stakeholder assessment methods in the direction of compliance with the UN Sustainable Development Goals. Surveys were developed to assess the activities of key stakeholders of the university in accordance with the tasks of the Transformational Learning Network for Resilience - Enabling Ukrainian higher education to ensure sustainable and reliable reconstruction of (post-war) Ukraine (TransLearnN). In June 2024, the activities of key stakeholders at the university in the direction of sustainability were analyzed. each, it was determined by material influence and interests, which stakeholders are key in terms of sustainable development and interaction with the university; studied which areas of stakeholder activity correspond to the Sustainable Development Goals; conducted a PEST and SWOT analysis of their activities, identified the main steps of the university to build a strategy for effective interaction with external stakeholders. The key steps include: identification of key pages of interest that contribute to the development trends of higher education, labor and challenges of the state economy; determining communication goals and distributing pages to target groups: sponsors, employers, practice bases, etc.; determining key communication channels according to the type of interested party; determining the type of interaction with the stakeholder; determining the frequency and format of communications, determining the degree of publicity of the interaction; monitoring the effectiveness and evaluating the interaction strategy.

Keywords: goals of sustainable development, higher education, stakeholders, strategic planning of sustainable development

Introduction.

Stakeholders are an integral part of any business or project activity. They influence all key aspects of an organization's operations, from service planning to achieving financial performance. In the case of higher education institutions, effective stakeholder engagement is no exception. In Ukrainian conditions, where labor market demands and the country's economy's demand for specialists are constantly changing, effective stakeholder engagement is becoming one of the key elements for the sustainable development of higher education. Thus, assessing the university's stakeholders in terms of compliance with Sustainable Development Goals [1] becomes an extremely important task.

Presenting main material.

An important stage for assessing university stakeholders in terms of compliance with Sustainable Development Goals is determining their place in the higher education system (Fig. 1).

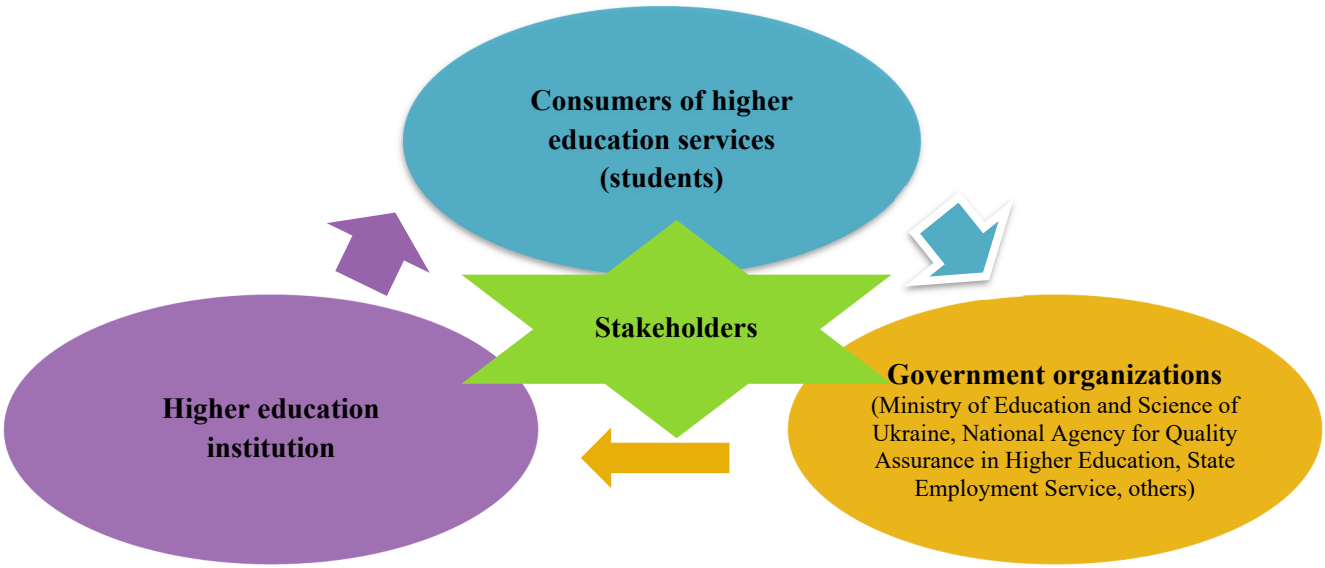


Figure 1 – The place of stakeholders in the higher education system
Рисунок 1 – Місце стейкхолдерів у системі вищої освіти

It is obvious that stakeholders, which include employers, internships, student internships, and external training sites, are a key aspect in the training of future specialists [2]. They affect all key aspects of the university's activities. Why is stakeholder management critically important for universities?

- Defining areas of specialist training: stakeholders, through interaction with the university, are able to form competitive offers for training students in the educational services market.
- Attracting investments: stakeholders can act as investors in the development of the university's material and technical base, provide named scholarships to the best students, finance advanced training for teachers, etc.
- Reputation in the educational services market: a positive reputation of the university, its publicity, and transparency of interaction with stakeholders contribute to the advertising of educational services, improving the university's image, and creating a sustainable foundation for growth.
- Risk management: effective work with key stakeholders makes it possible to identify risks in a timely manner and take measures to minimize them. In particular, regarding the relevance of the specialties in which students are trained.

As part of the National Transport University's participation in an international project the Transformational Learning Network for Resilience - Enabling Ukrainian higher education to ensure a sustainable and robust reconstruction of (post-war) Ukraine (TransLearnN) project, NA DAAD: 2023-1-DE01-KA220-HED-000157119 the assessing university stakeholders in terms of compliance with sustainable Development Goals was performed. A questionnaire (Fig. 2) was developed using the Google Forms service (McSoft, USA).

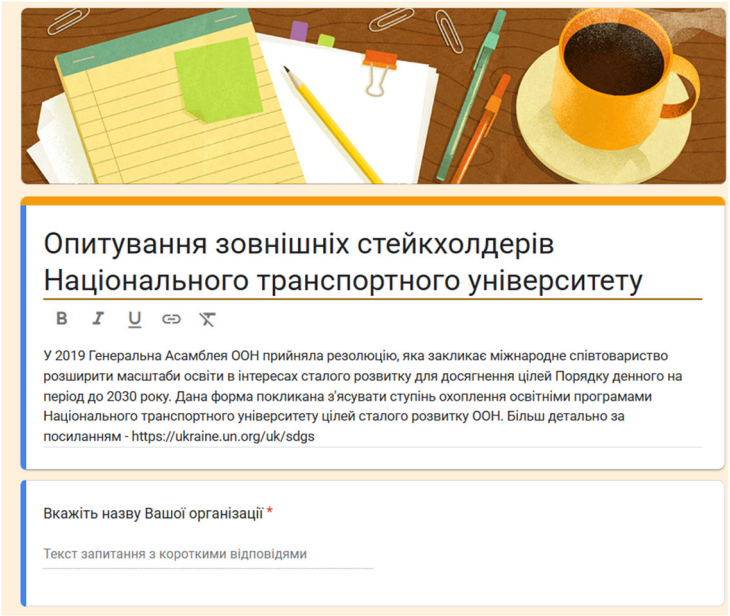


Figure 2 – Questionnaire for the National Transport University Key Stakeholder Survey (in Ukrainian)
Рисунок 2– Анкета стосовно опитування ключових стейкхолдерів Національного транспортного університету (українською)

To effectively distribute priorities among stakeholders and identify key ones, it is advisable to use the “Influence and Interest Matrix” (Table 1).

In accordance with this matrix, key stakeholders of the National Transport University were identified, who in 2024 underwent a questionnaire survey (Fig. 1).

Table 1 – Stakeholder Influence and Interest Matrix

Таблиця 1 – Матриця впливу та інтересу стейкхолдерів

Degree of influence	High interest	Low interest
High	Priority actions and regular communication	Engagement at key stages of interaction
Low	Monitoring and supporting interaction	Minimal interaction

The analysis was conducted using the approach outlined in the study [3]. In particular, at the first stage, stakeholders were asked to rate the degree to which their organization's activities were in line with the UN Sustainable Development Goals on a scale of 1 to 5 (where 1 is almost completely in line, and 5 is completely in line). In fact, 67% of respondents said that their activities were almost in line with the UN Sustainable Development Goals.

To the question "Describe the importance of cooperation with educational institutions for your organization, including for ensuring sustainable development goals," the following answers were received:

1. This is one of our priorities.
2. Cooperation of this format is important for a number of reasons:
   - Establishing cooperation with educational institutions is, first of all, one of the directions of the institution's activity.
   - Involving students in the work of the institution stimulates the development of the field and the emergence of young specialists with competent knowledge at the beginning of their careers.
   - The activities of the institution (among other things) are aimed at forming an eco-conscious attitude of students to projects, the results of the tasks set, and in general to conscious and sustainable nature management.
   - The involvement of educational institutions makes the activities of the institution more transparent and allows the development of Social Sciences.
3. Cooperation with educational institutions allows students and teachers to be acquainted with the results of cutting-edge scientific research, advanced world experience in the field of infrastructure development, as well as to form a powerful team of scientists from among talented and creative graduates of educational institutions.

At the next stage, a PEST analysis of stakeholders' activities was applied. Key indicators were identified for each segment of the PEST matrix using the methods [4, 5]. A political, economic, social and technological background of the particular industry was determined. Stakeholders are offered 5 factors in each segment, which must be evaluated on a 5-point scale.

Political factors included: political stability, changes in legislation, state influence on the industry, state regulation of competition, and tax policy (Fig. 3).

The economic factors influencing the activities of stakeholders include: the general characteristics of the economic situation (upward, stabilization, downward); the exchange rate of the national currency and the refinancing rate; the level of inflation; the level of unemployment; and the prices of energy resources (Fig. 4).

Social factors influencing the activities of stakeholders include: demographic changes; changes in the income structure; attitude to work and leisure; social mobility of the population; consumer activity (Fig. 5).

Technological factors include: state policy in the field of innovative developments; the level of technology in the industry; the impact of innovations on business; the emergence of discoveries, patents, products, etc.; the company's access to technologies (Fig. 6).

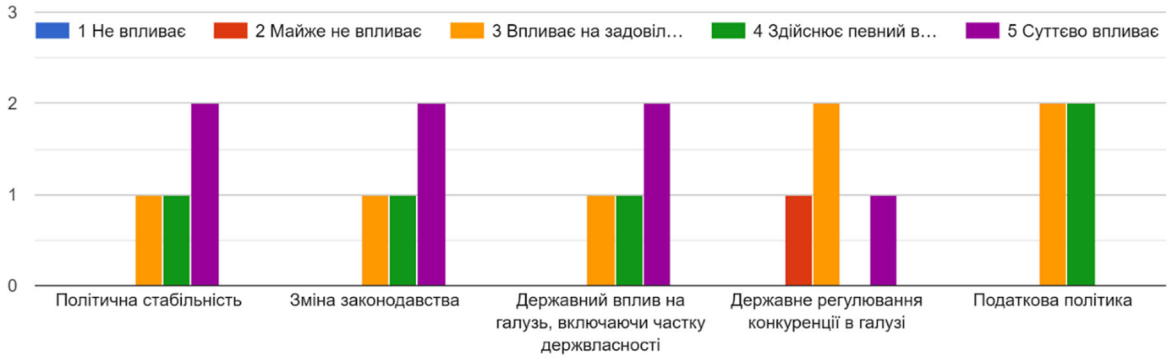


Figure 3 – Results of a survey of key stakeholders regarding the influence of political factors (in Ukrainian)

Рисунок 3– Результати опитування ключових стейкхолдерів стосовно впливу політичних факторів (українською)



Figure 4 – Results of a survey of key stakeholders regarding the influence of economic factors (in Ukrainian)

Рисунок 4– Результати опитування ключових стейкхолдерів стосовно впливу економічних факторів (українською)

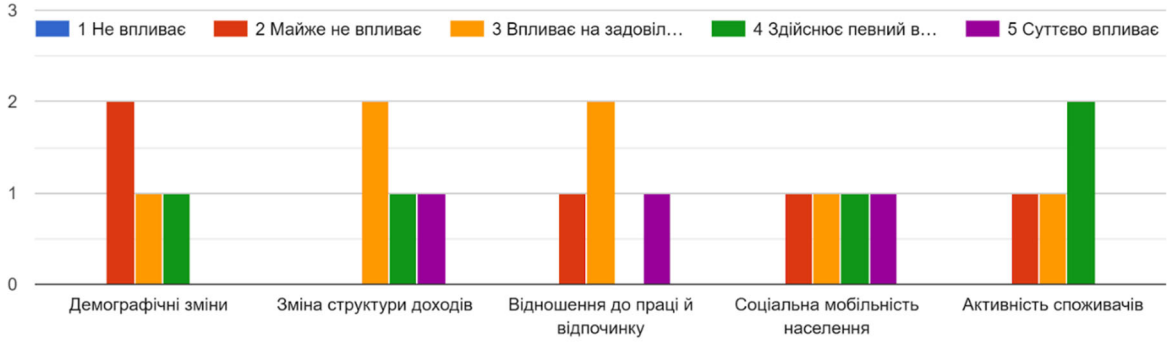


Figure 5 – Results of a survey of key stakeholders regarding the influence of social factors (in Ukrainian)

Рисунок 5– Результати опитування ключових стейкхолдерів стосовно впливу соціальних факторів (українською)

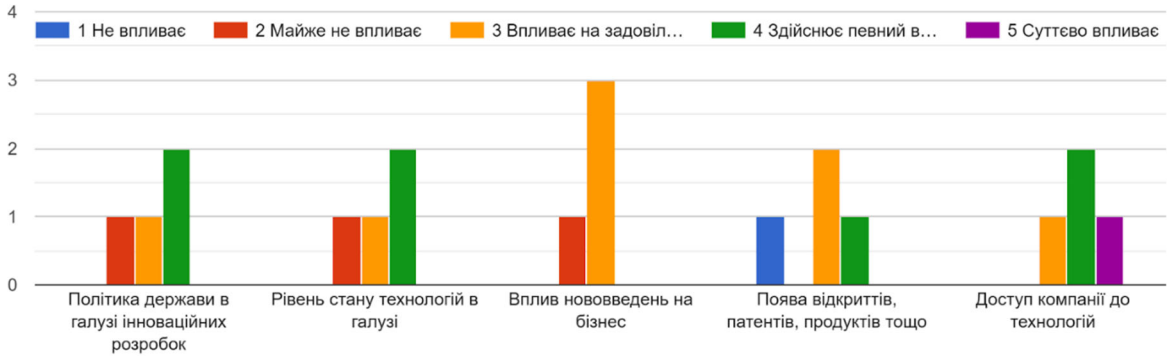


Figure 6 – Results of a survey of key stakeholders regarding the influence of technological factors (in Ukrainian)

Рисунок 6– Результати опитування ключових стейкхолдерів стосовно впливу технологічних факторів (українською)

Analyzing these factors of influence on the activities of stakeholders, it can be concluded that the political segment has a significant impact directly (Fig. 7). And technological factors do not actually affect the stability of the stakeholder's activities in market conditions.

The advantages of PEST analysis are:

- its simple structure;
- promoting understanding of the broader business environment, developing external and strategic thinking;
- can allow the organization to predict future threats to its activities and take measures to avoid or minimize their impact;
- can allow the organization to identify opportunities and use them to the fullest.

The disadvantages of PEST analysis are:

- the simplified amount of data used for decision-making;
- probabilistic nature;
- the need for repetition in time in order to avoid false consequences.

PEST analysis is also one of the analysis tools for filling in external opportunities and threats for SWOT analysis [3, 6-7] (Fig. 8). SWOT analysis allows you to identify the strengths and weaknesses of the university's interaction with key stakeholders, as well as opportunities and threats.

Analyzing the responses of key stakeholders to the developed questionnaire regarding the formation of the SWOT matrix, we can draw the following conclusions:

1. The key Strength for stakeholders in the context of ensuring sustainable development goals is "Possibility of conducting research on ecology".
2. The key Weakness is the obsolescence of the management model and the influence of political factors.
3. The company's Opportunity depends on the direction of its statutory activity and how progressive this direction is in relation to the development trends of the country's economy.
4. All stakeholders noted that the key Threats to their activities are caused by Russia's war against Ukraine.

In response to the question "In your opinion, can growth (of an individual business, the economy as a whole) be sustainable without higher education?" all key stakeholders noted that higher education is a key priority in ensuring the sustainability of the country's economy. This aspect determines how important the interaction between universities and their stakeholders is to ensure the sustainable development of both.



Figure 7 – Stakeholder PEST Analysis Matrix (Sample in Ukrainian)
Рисунок 7– Матриця PEST-аналізу стейкхолдера (зразок українською)

Based on the survey results, the National Transport University received proposals from stakeholders regarding strengthening cooperation between educational institutions and manufacturing companies in order to increase the effectiveness of each party's work to ensure sustainable development.

Thus, this stakeholder assessment methodology allows you to identify key aspects of interaction with universities and to visit models of planning joint work and taking into account the interests of all parties. Involving stakeholders in higher education is a process that also includes establishing effective communication channels. The stakeholder engagement strategy should be based on the realities of the state's economic development and take into account the needs of the labor market.

	Helpful to achieving theobjective	Harmful to achieving theobjective
Internal origin	**Strength**	**Weakness**
	Possibility of conducting research on ecology Stability, uniqueness. Necessary for adaptation to global climate change; necessary for the preservation of natural ecosystems and their components. Possibility to influence the scientific and technical support of infrastructure development.	Outdated management model. Insufficient funding, lack of competent knowledge among some employees, high dependence on the political and economic situation. Dependence on state and economic and political moments.
External origin	**Opportunity**	**Threats**
	The opportunities are defined by the statute: Digitization of scientific research, development and implementation of joint scientific/educational/environmental protection programs, increasing tourism and recreational potential (while creating new jobs), providing the population of the capital with natural resources.	Threats caused by Russia's war against Ukraine.

Figure 7 **–** Matrix of SWOT key stakeholders of NTU in the context of sustainable development
Рисунок 7 – Матриця SWOT-аналізу ключових стейкхолдерів НТУ в контексті сталого розвитку

Based on the results of the assessment of the university stakeholders in the direction of compliance with the sustainable development goals, the main steps for implementing the strategy of effective interaction were developed:

1. Identification of key stakeholders that correspond to the trends in the development of higher education, the labor market and the challenges of the state economy (annually, before the beginning of the new academic year).
2. Determination of communication goals and distribution of stakeholders into target groups: sponsors, employers, practice bases, etc.
3. Identification of key communication channels according to the type of stakeholder.
4. Determination of the type of interaction - joint projects, mass events, advertising aspects, work only with students, involvement in official events, etc.
5. Determination of the frequency and format of communications, determination of the degree of publicity of interaction.
6. Monitoring the effectiveness and evaluating the interaction strategy (questionnaires, feedback).

Conclusions. Long-term relationships with stakeholders are the key to the stability of higher education institutions. Successful communication and support of long-term relationships help universities stay on trend in the educational services market. And in modern Ukrainian conditions, when the war with Russia has a significant impact on the labor market, long-term relationships with stakeholders are becoming an integral part of the strategy. Effective engagement with stakeholders requires a deep understanding of their roles and types. Proper identification of stakeholders helps to create strategies for engaging with each group and identify key stakeholders. Thus, the assessment of university stakeholders for sustainability compliance should take place

on an ongoing basis, since it is this aspect that enables higher education institutions to determine effective interaction strategies.

References

1. United Nations Development Programme (2022). URL: https://www.undp.org/sustainable-development-goals
2. Dmytrychenko N., Tokin O., Kharchenko A. Development of systemic measures to improve the quality of the educational process at the National Transport University. Automobile Roads And Road Construction, 2022. Issue 111. P. 241-251. DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-241-251 [in Uhrainian]
3. Dmytrychenko N., Gryshchuk O., Kharuta V., Kharchenko A. Assessment of university activities in the context of compliance with the goals of sustainable development. Scientific journal «Automobile Roads And Road Construction», 2024. Issue 115. Part 2. P.014-023. DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.2-014-023
4. PEST analysis. Material from Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/PEST-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7 [in Uhrainian]
5. Cox, J. (2021). The higher education environment driving academic library strategy: A political, economic, social and technological (PEST) analysis. The Journal of Academic Librarianship, 47(1), 102219. https://doi.org/10.1016/j.acalib.2020.102219
6. Pedchenko, N., Hasii, O., & Vlasenko, V. (2023). Metodolohiia provedennia SWOT-analizu pry formuvanni kontseptsii rozvytku pryvatnoho zakladu vyshchoi osvity. Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriia «Ekonomichni nauky», (1 (107), 75-84. https://doi.org/10.37734/2409-6873-2023-1-11 [in Uhrainian]
7. SWOT analysis. From Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/SWOT_analysis

ASSESSMENT OF UNIVERSITY ACTIVITIES IN THE CONTEXT OF COMPLIANCE WITH THE GOALS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044) 2808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318. https://orcid.org/0000-0003-4223-1838

Грищук Олександр Казимирович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри туризму, e-mail: gryshchuk@ntu.edu.ua, тел. (044) 280-20-14, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 330. https://orcid.org/0000-0003-2993-5566

Харута Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного права та логістики, e-mail: kharuta_vitaliy@ntu.edu.ua, тел. (044) 280-46-67, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 328, https://orcid.org/0000-0002-8897-7558

Харченко Анна Миколаївна, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: anna-x3@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 323, https://orcid.org/0000-0001-8166-6389

Анотація: Стаття присвячена результатам застосування методики оцінювання стейкхолдерів університету в напрямку відповідності цілям сталого розвитку ООН. Виконано розробку анкети для оцінювання діяльності ключових стейкхолдерів університету відповідно до завдань проекту the

Transformational Learning Network for Resilience - Enabling Ukrainian higher education to ensure a sustainable and robust reconstruction of (post-war) Ukraine (TransLearnN). У червні 2024 року було проаналізовано діяльність ключових стейкхолдерівв університету в напрямку сталості. Зокрема, було визначено за материцею впливу та інтересу, які стейкхолдери відповідають ключовим в аспекті сталості розвитку і взаємодії з університетом; вивчено, які напрямки діяльності стейкхолдерів відповідають цілям сталого розвитку; проведено PEST та SWOT-аналіз їх діяльності, визначені головні кроки університету для побудови статегії ефективної взаємодії із зовнішніми стейкхолдерами. До ключових кроків віднесено: визначення ключових зацікавлених сторін, що відповідають тенденціям розвитку вищої освіти, ринку праці та викликам економіки держави; визначення цілей комунікації та розподіл зацікавлених сторін на цільові групи: спонсори, роботодавці, бази практики тощо; визначення ключових каналів комунікації відповідно до типу зацікавленої сторони; визначення типу взаємодії із стейкхолдером; визначення частоти та формату комунікацій, визначення ступеня публічності взаємодії; моніторинг ефективності та оцінка стратегії взаємодії.

Ключові слова: цілі сталого розвитку, вища освіта, стейкхолдери, стратегічне планування сталого розвитку

Перелік посилань

1. United Nations Development Programme (2022). URL: https://www.undp.org/sustainable-development-goals
2. Dmytrychenko N., Tokin O., Kharchenko A. Development of systemic measures to improve the quality of the educational process at the National Transport University. Automobile Roads And Road Construction, 2022. Issue 111. P. 241-251. DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-241-251 (in Ukrainian).
3. Dmytrychenko N., Gryshchuk O., Kharuta V., Kharchenko A. Assessment of university activities in the context of compliance with the goals of sustainable development. Scientific journal «Automobile Roads And Road Construction», 2024. Issue 115. Part 2. P.014-023. DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.2-014-023
4. PEST-аналіз. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/PEST-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7
5. Cox, J. (2021). The higher education environment driving academic library strategy: A political, economic, social and technological (PEST) analysis. The Journal of Academic Librarianship, 47(1), 102219. https://doi.org/10.1016/j.acalib.2020.102219
6. Педченко, Н., Гасій, О., & Власенко, В. (2023). Методологія проведення swot-аналізу при формуванні концепції розвитку приватного закладу вищої освіти. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Економічні науки», (1 (107), 75-84. https://doi.org/10.37734/2409-6873-2023-1-11
7. SWOT analysis. From Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/SWOT_analysis

The article was prepared within the framework of the Transformational Learning Network for Resilience - Enabling Ukrainian higher education to ensure a sustainable and robust reconstruction of (post-war) Ukraine (TransLearnN) project, NA DAAD: 2023-1-DE01-KA220-HED-000157119

Стаття підготовлена в рамках виконання проекту the Transformational Learning Network for Resilience - Enabling Ukrainian higher education to ensure a sustainable and robust reconstruction of (post-war) Ukraine (TransLearnN), NA DAAD: 2023-1-DE01-KA220-HED-000157119

УДК 378 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-024-034**
UDC 378

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ФОРМУВАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНЬОГО ІНЖЕНЕРА ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

METHODICAL APPROACHES TO FORMING THE FUNDAMENTAL COMPETENCES OF THE FUTURE ENGINEER DURING THE STUDY OF MATHEMATICAL DISCIPLINES



Бондаренко Людмила Петрівна*, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: luda_bond@ukr.net, тел.+380442803942,*

https://orcid.org/0000-0002-8239-065X



Ляшенко Яна Григорівна, *кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: Ya_Lyashnko@ukr.net, тел.+380444067323,*

https://orcid.org/0000-0002-7772-7879

Анотація: У статті викладено основні аспекти методичних підходів викладання математичних дисциплін з метою формування фундаментальних фахових компетентностей майбутнього інженера, а також шляхи подолання проблем, що виникають впродовж освітнього процесу. Обґрунтовується вивчення математики у вищій технічній школі, як необхідної умови формування інженерного типу мислення.

В рамках статті висвітлено особливості та основні умови ефективного формування фундаментальних математичних компетентностей у процесі підготовки майбутніх інженерів, а саме: використання в освітньому процесі такої методичної системи навчання математики, яка б дозволяла не просто репродукувати навчальний матеріал, але й активізувати пошуково-дослідницьку діяльність студентів, зробити наочним складний для сприйняття абстрактний матеріал, проводити обчислювальні експерименти зі створеними студентами моделями, динамічними кресленнями з метою висунення гіпотез, розв'язування творчих, нестандартних задач, забезпечити посилення саме прикладної спрямованості навчання. В роботі акцентується увага і доводиться важливість інтеграції математики зі спеціальними вузькопрофільними дисциплінами. Сформульовано вимоги до методики викладання та системи навчальних математичних завдань, що висуваються на початковому етапі навчання студентів

технічних спеціальностей. Наведено структуру та складові математичної компетентності, що включає: процедурну, логічну, технологічну, дослідницьку, методологічну компетентності; визначено природу та суть кожної із них. Також в роботі проведено зіставлення деяких основних компонент навчальної математичної діяльності і професійних компетентностей майбутнього інженера.

Перспективні напрямки шляхів вирішення проблеми підвищення якості математичної підготовки студентів вищих технічних навчальних закладів та посилення фахових компетентностей майбутніх інженерів пов'язані перш за все із глибоким засвоєнням студентами основ математичної науки, умінням бачити й використовувати внутрішньопредметні й міжпредметні зв'язки, прикладною спрямованістю курсу вищої математики та її зв'язок із вузькоспеціалізованими математичними дисциплінами професійного спрямування. Лише інтегровані заняття, інтегровані модулі, інтегровані курси надають можливості для узагальнення, структурування, систематизації матеріалу, студенти набувають досвід пізнання процесів і явищ, що сприяє розвитку творчих здібностей, формуванню професійно значущих якостей майбутніх інженерів.

Ключові слова: математичні дисципліни, компетентність, методика викладання, навчальні методи, освітній процес, інженери.

Вступ. З розвитком науки, техніки та інформаційних технологій, основним чинником розвитку якого є математика, збільшується її значення в житті сучасної людини. Звична для всіх абстрактна математика інтегрується з іншими науками, зокрема прикладними, і має конкретне застосування при розв'язуванні технічних задач. З іншого боку, потреби практичних задач спричиняють розвиток абстрактних методів математичних наук. В зв'язку з цим, якісна фундаментальна математична підготовка фахівців технічного спрямування – це одне з найважливіших завдань системи освіти сьогодення. Головними характеристиками випускника будь-якого освітнього закладу є його компетентність і конкурентоспропожність на ринку праці. У зв'язку з цим, акценти при вивченні навчальних дисциплін переносяться на процес пізнання, ефективність якого цілком залежить від пізнавальної активності самого студента. Успішність досягнення цієї мети залежить не тільки від змісту навчання, але і від підходів та методик навчання. Потужний науково-технічний прогрес, інформатизація та комп'ютеризація суспільства потребують висококваліфікованих фахівців, здатних не тільки керувати сучасними приладами, але й удосконалювати їх та створювати нові [1]. Сучасна освіта повинна забезпечити підготовку професійно-компетентних кадрів, здатних до оперативної реакції на мінливі соціально-економічні умови суспільства, реалізацію нестандартних рішень. Професійна компетентність є запорукою конкурентоспроможності майбутнього фахівця на ринку праці. Майбутній компетентний інженер потребує глибокого знання і розуміння математики, вміння застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач. Математична компетентність необхідна майбутнім інженерам для розв'язання проблемних ситуацій, що виникають у повсякденному житті, а також для успішного оволодіння спеціальними дисциплінами та розв'язання задач професійної діяльності.

Вивченням проблем математичної підготовки студентів технічних спеціальностей займались В.І. Клочко, Т.В. Крилова, Л.Д. Кудрявцева, Т.С. Максимова, В.А. Петрук, М.В. Працьовитий, З.І. Слєпкань, та ін. Вище вказані автори стверджують, що вирішення проблеми підвищення якості математичної підготовки студентів вищих технічних навчальних закладів пов'язані перш за все із глибоким освоєнням студентами основ математичної науки, умінням бачити й використовувати внутрішньопредметні й міжпредметні зв'язки, прикладну спрямованість курсу вищої математики [2],

[3]. Зокрема, дослідженням комплексу проблем, пов'язаних з інформаційними технологіями навчання математики, присвячено роботи М.І. Бурди, А.П. Єршова, М.Я. Ігнатенка, Е.І. Кузнєцова, В.Г. Розумовського і ін.

Мета роботи полягає у розробці загальних методичних підходів щодо розвитку фундаментальної математичної компетентності майбутніх інженерів у процесі їх фахової підготовки.

Методи дослідження – аналіз науково-методичної літератури; аналіз навчальних програм, підручників, посібників; виявлення загальних закономірностей та вивчення типових підходів до розв'язання математичних задач. Застосування методів дедукції (одержання загальних висновків на основі окремих фактів), аналізу значущих факторів, що необхідно враховувати при розв'язанні конкретних задач.

Результати і пояснення. Відомо, що освітня роль математики полягає в тому, що вона активізує і розвиває інтелектуальні здібності людини, формує вміння проводити аналогії, логічно обґрунтовувати власну точку зору, творчо застосовувати одержані знання. Методика викладання математики неперервно розвивається, змінюється для найкращого втілення цієї мети в сучасних умовах, особливо при використанні нових форм навчання. Під час вивчення математики дуже важливим є систематизація знань, а також якість засвоєння базових знань, які формуються і накопичуються, починаючи з початкової школи, з набуття навичок усних розрахунків, які стимулюють розвиток пам'яті, та які мають логічне продовження при опануванні технічних дисциплін у вищій школі.

Компетентність – це спроможність діяти на основі отриманих знань. На відміну від знань, умінь, навичок, що передбачають дію за аналогією із зразком, компетентність передбачає досвід самостійної діяльності на основі універсальних знань. У світовій освітній практиці поняття компетентності виступає в якості центрального поняття, тому що, по-перше, компетентність об'єднує в собі інтелектуальну і навичкову складові освіти; по-друге, в понятті компетентності закладена ідеологія інтерпретації змісту освіти, що формується – від результату; а також ключова компетентність має інтегративну природу, бо вона вбирає в себе ряд однорідних умінь і знань, які відносяться до широких сфер культури.

Математична компетентність є однією із сутнісних характеристик особистості, яка проявляється в професійній діяльності, здатністю самостійно, вільно володіти математичним інструментарієм, здатністю до моделювання технологічного процесу, умінням знаходити нестандартні рішення в нових ситуаціях, умінням спрогнозувати та оцінити характер і хід змін у галузі, в якій працює фахівець [4]. На підставі узагальнення наукових поглядів щодо змісту цього поняття будемо вважати математичну компетентність майбутнього інженера, як інтегративну якість особистості, що відображає готовність і здатність ефективно та адекватно застосовувати й набувати нові математичні знання, уміння, навички для вирішення різних практичних й теоретичних проблем і завдань професійної діяльності. Основний акцент у підготовці фахівців спрямовано на професійну компетентність, готовність створювати і освоювати наукомісткі технології, здійснювати трансфер технологій. Для цього потрібне глибоке розуміння математики, розвинені математичні здібності, компетентність у вирішенні актуальних прикладних задач засобами математики. Основою математичної підготовки майбутнього фахівця є фундаментальність, інтегрованість, інноваційність, професійне спрямування, творчість, інформаційне забезпечення та безперервність [5].

Математичні компетентності мають складну ієрархічну структуру, яка включає в себе процедурні, логічні, технологічні, дослідницькі й методологічні компетентності (рис.1).

Однією з умов формування рис студентів, як особистостей, є використання в освітньому процесі такої методичної системи навчання математики, яка б дозволяла не просто репродукувати навчальний матеріал, але й активізувати пошуково-дослідницьку діяльність студентів, а також зробити наочним складний для сприйняття абстрактний матеріал, проводити обчислювальні експерименти зі створеними студентами моделями, динамічними кресленнями з метою висунення гіпотез, розв'язування творчих, нестандартних задач, забезпечувала б посилення прикладної спрямованості навчання. Все це характеризує високий рівень математичної культури студентів. Володіння цією математичною культурою сприяє удосконаленню інженерного мислення спеціаліста та забезпечує здатність цілісного сприйняття об'єкту, відкриття якісно нових його зв'язків і відношень, ефективність висновків під час роботи над кінцевим технічним результатом, понятійно-логічне та наочне сприйняття. Все це необхідне для формування інженерного типу мислення, і вивчення математики, в свою чергу, потрібне для того, щоб сприяти розвитку інженерного математичного мислення. Важливою складовою ланкою навчальної діяльності студентів є формування прийомів роботи з навчальними математичними матеріалами. Навчальні завдання повинні орієнтувати майбутніх інженерів на формування професійної компетентності. Студенту необхідно мати математичні знання для вирішення практичних завдань, вміти застосовувати математичні методи для моделювання виробничих, технологічних процесів в подальшій професійній діяльності. Саме на початку трудового шляху важливо коректно вказати доцільність вивчення певних, а саме, математичних дисциплін та їх значущість у майбутній профеційній діяльності. Чітке уявлення про можливості застосування вищої математики майбутнім спеціалістам технічних напрямків потрібне тому, що їм необхідно знати, як і де можна обґрунтовано і ефективно застосувати той чи інший математичний метод під час розв'язування конкретних професійних задач, адекватно сприймати зміст наукової і спеціальної літератури, в якій використовується відповідний математичний апарат [6].

Математичні моделі явищ природи, технічних і економічних процесів стали більш повноцінними, точніше і глибше відображають природу речей. Математика перетворилась з методу обчислень в метод досліджень, як доповнюючий метод безпосереднього експерименту, вона стає безпосередньою виробничою силою. Математика перетворилась у надзвичайно зручний засіб моделювання явищ реального світу. Характерною рисою сучасної математики є чітке розмежування аналізу математичної структури і її інтерпретацій.

Компетентнісний зміст освіти проходить наскрізною лінією через всі освітні області, отримуючи реалістичне, діяльнісне, особистісно та соціально значуще здійснення у відповідному матеріалі. В результаті вдається поєднати навчальні дисципліни в єдиний цілісний зміст, визначити системоутворюючі елементи загальної освіти як на окремих щаблях навчання так і на рівні міжпредметних зв'язків. Компетентнісний підхід висуває на перше місце не енциклопедичний багаж знань студента, а вміння вирішувати проблеми, що виникають у пізнанні та поясненні явищ дійсності та особистісного характеру; при освоєнні сучасної техніки та технології; при освоєнні майбутньої професійної діяльності. З позицій цього підходу якість математичної підготовки майбутнього фахівця-інженера характеризується його математичною компетентністю. Математика – універсальна мова для опису процесів та явищ різної природи, без володіння яким неможливо вирішувати сучасні інженерні проблеми.

Вивчаючи вищу математику, студенти узагальнюють наявні шкільні знання і отримують нові знання. При вивченні математичних розділів діяльність майбутніх інженерів орієнтована на роботу з дидактичними матеріалами, в процесі якої студенти знайомляться з узагальненими математичними конструкціями і об'єктами. Вивчення вищої математики відбувається за допомогою навчальних дидактичних матеріалів: записів лекцій, підручників, навчальних і методичних посібників, електронних ресурсів, які запропоновані для розв'язання завдань, математичних програмних продуктів і т.д. Інтегровані заняття, інтегровані модулі, інтегровані курси надають можливості для узагальнення, структурування, систематизації матеріалу, студенти набувають досвід пізнання процесів і явищ, що сприяє розвитку творчих здібностей, формуванню професійно значущих якостей майбутніх інженерів

[7]. Підготовка студентів до застосування математичної теорії для моделювання технічних процесів, передбачає створення нового: нової технології, нового механізму, нових методів і ін. Слід відзначити, що технічна документація, з якою будуть працювати майбутні інженери, за своєю структурою близька до математичного матеріалу. Їх об'єднують стисліть, формалізованість, наявність математичної обробки даних та інші параметри. А отже, методи математичного моделювання повинні забезпечувати студенту вміння їх застосовувати в професійних дисциплінах.



Рисунок 1 – Складові математичної компетентності
Figure 1 – Components of mathematical competence

Варто зазначити, що будь-який вид професійної діяльності інженера включає в себе елементи математичної діяльності та базується на їх синтезі. Однак, встановити чітку відповідність між математичною діяльністю та майбутньою професійною діяльністю інженера досить складно, можна лише виділити деякі основні компоненти за кожним видом діяльності (як навчальної математичної, так і майбутньої професійної) і зіставити їх (рис.2). Під час вивчення математичних дисциплін, освітній процес навчання майбутніх інженерів слід спрямувати на застосування таких методів і прийомів роботи з навчальним математичним матеріалом, що використовуюся у професійній діяльності інженера, формуючи таким чином фундамент професійної компетентності майбутніх інженерів [7].

Як інтегративне утворення особистості, математична компетентність має такі структурні компоненти: мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, ціннісно-рефлексивний, емоційно-вольовий, які існують не ізольовано один від одного, а тісно взаємопов'язані між собою. Мотиваційний компонент

передбачає систему мотивів, цілей, потреб та прагнень до вивчення математичних дисциплін, удосконалення знань, умінь та досвіду математичної діяльності. Когнітивний компонент включає сукупність математичних знань теоретичного і практичного характеру, що відображають систему сучасної математики. Діяльнісний компонент включає комплекс математичних умінь (аналітичних, обчислювальних, алгоритмічних, функціональних, геометричних, стохастичних, ймовірнісних, математичного моделювання); спроможність розв'язувати типові практичні задачі методами математики. Ціннісно-рефлексивний компонент включає сукупність особисто значущих і цінних прагнень, ідеалів, переконань, поглядів, ставлень в галузі математичних дисциплін, розуміння ролі математичної компетентності як однієї з провідних соціальних цінностей, уміння визначати резерви свого розвитку засобами математичних дисциплін, прагнення до самоактуалізації, саморозвитку, постійної роботи над собою у сфері математики; самоаналіз і самооцінку результатів своєї математичної діяльності. [8] Емоційно-вольовий компонент включає здатність розуміти власний емоційний стан у процесі математичної діяльності; здатність достойно переживати невдачі у процесі розв'язання математичних задач; прояв вольових зусиль та наполегливості у процесі розв'язання математичних задач; цілеспрямованість у роботі, почуття власної гідності.

Слід зазначити, що досить часто знання з математики майбутніх інженерів носять лише формальний характер, не відповідають потребам фахових дисциплін і загальному рівню підготовки сучасного фахівця. На жаль, математична підготовка студентів інженерних спеціальностей має низку істотних недоліків, серед яких відсутність прикладної спрямованості математичних дисциплін, недостатнє використання зв'язків математики зі спеціальними дисциплінами, слабкі навички у використанні математичного апарату при вивченні інженерних дисциплін.

Моніторинг рівня математичної підготовки студентів технічних спеціальностей дає результат, що рівень їхньої математичної культури, пізнавальної активності та самостійності досить низький. Більше того, у студентів відсутнє відчуття зв'язку між теоретичним та практичним матеріалами, відчувається сприйняття ними лекцій та практичних занять з вищої математики, як двох різних дисциплін. Безпосереднє спілкування зі студентами наштовхує на висновки, що студенти першого та другого курсів (а саме на цих курсах викладається дисципліна "Вища математика") недостатньо інформовані про роль математики у майбутній професії, слабо мотивовані на вивчення предмета, а викладачі спеціальних дисциплін надалі часто відзначають відсутність необхідної математичної бази. Адже, зрозуміти матеріал – значить зрозуміти питання, з яким до нього звернулися. Однак, як показує досвід, на початковому етапі навчання студенти ще не здатні самостійно і своєчасно конкретизувати завдання з вивчення нового матеріалу і вирішити проблеми, які при цьому виникають. Варто зазначити, що рівень розвитку пізнавальної активності студентів при вивченні вищої математики є недостатнім для засвоєння навчального матеріалу. Отже, щоб створити умови студентам, для засвоєння нового навчального матеріалу, необхідно підготувати їх до сприйняття нової інформації і виробити досвід роботи з новим математичним матеріалом. Тому, основне завдання викладача при формуванні професійної компетентності майбутніх інженерів у процесі математичної підготовки полягає в підборі навчальних завдань і створенні таких проблемних ситуацій, вирішуючи які, студент не тільки прийде до розуміння досліджуваного матеріалу, а й сформує необхідні прийоми роботи з ним. Отже, важливою складовою ланкою навчальної діяльності студентів є формування прийомів роботи з навчальними математичними матеріалами.

Навчальні завдання повинні орієнтувати майбутніх інженерів на формування професійної компетентності [6]. Одним із напрямів підвищення рівня ефективності навчання математиці майбутніх інженерів є педагогічно вивірене використання нових інформаційних технологій навчання в поєднанні з системою психологічних і педагогічних засобів активної навчальної діяльності. Цілеспрямована робота викладача полягає у формуванні та розвитку пізнавальної активності студентів, що є необхідною компонентою в комплексі робіт, пов'язаних із підвищенням якості засвоєння студентами навчального матеріалу, розвитку їх мислення тощо.



Рисунок 2 – Відповідність між навчальною математичною діяльністю і професійними компетентностями майбутнього інженера

Figure 2 – Correspondence between educational mathematical activity and the professional competence of the future engineer

При підготовці студентів до професійної діяльності в ході вивчення математичних дисциплін є доцільним зважати на комплексний характер самих цілей вивчення математичних дисциплін, на ті обставини, що математична освіта є науковою основою для вивчення предметів професійно-технічного циклу і спеціальних дисциплін, фундаментом для подальшого самовдосконалення та самоосвіти в майбутньому, показником розвитку і умінь студентів оперативно та якісно орієнтуватися в ситуації, умінь і навичок аналізувати її, приймати рішення, отримувати результати, обґрунтовувати їх, і відповідати за результати своєї праці (або навчальної діяльності).

Навчання, пізнання є багатогранним, складним та одночасно творчим процесом діяльності людини. Даний процес може бути ефективним тільки в тому випадку, коли супроводжується цілеспрямованим і напруженим мисленням. Можна із повною впевненістю стверджувати, що якщо при освоєнні нового не активізувати розумову діяльність студентів, то у них не тільки не виробиться уміння мислити, але й запам'ятовування виявиться неповноцінним, оскільки буде відсутня його основа – розуміння. Необхідним є аналіз практичного впровадження в навчальний процес різних підходів до навчання, що базуються на всебічному розвитку і постійній активізації пізнавальної діяльності людини. При виборі методів навчання викладачу слід прагнути продуктивного результату. При цьому студент має не тільки зрозуміти, запам'ятати та відтворити отримані знання, а й насамперед вміти ними оперувати, творчо розвивати й застосовувати їх у практичній діяльності. Продуктивне навчання – це навчальний процесс, спрямований на формування в особистості вмінь вирішувати матеріальні та інтелектуальні проблеми, пов'язані з її професійною діяльністю. Основними методичними підходами продуктивного навчання є створення спеціально організованої, керованої взаємодії викладача зі студентами, спрямованої на поетапне формування знань, умінь та навичок тих, хто навчається, та орієнтованою на досягення ними продуктивних творчих рівнів діяльності, що вимагає оптимального застосування всього арсеналу методів, форм і засобів навчання, раціонального їх поєднання зі змістом навчання та пізнавальними можливостями студентів [8].

Навчальна діяльність студентів є провідною їхньою діяльністю. Тому інтелектуальний розвиток і професійне становлення, в основному, відбувається у процесі навчальної діяльності. Уже в перші кілька тижнів навчання у закладі вищої освіти слід навчати студентів вчитися. Студенти відрізняються за інтелектуальними здібностями, типом мислення, темпом просування у навчанні. Це необхідно враховувати при організації навчання, здійснювати диференціацію навчально-виховного процесу. Для підвищення рівня навчальної діяльності необхідно продовжувати формувати у студентів загальні розумові дії і прийоми розумової діяльності, підсилювати мотивацію навчання і використовувати традиційні та нові технології, сучасні інформаційні технології, які активізують навчально-пізнавальну діяльність. Механізмом навчальної мотивації є формування цілісної структури цілей навчальної діяльності. Звідси випливає важливість своєчасної і систематичної постановки викладачами цілей навчання, які студенти мають прийняти і спрямувати свою діяльність на досягнення поставлених викладачем і самостійно цілей навчання. З першого курсу необхідно показувати студентам суспільну значимість обраної ними професії і важливість розвитку своїх професійно значущих якостей.

Для студентів першого курсу запам'ятовування матеріалу, даного в готовому вигляді, відбувається гірше, ніж матеріалу, здобутого самостійно. В пам'яті залишається те, що сприймається за рахунок активної пізнавальної діяльності. Тому, варто спонукати студентів самим здобути результати та зробити висновки. Більш дієвим буде поштовх на ідею пошуку розв'язку, а не представлення цілком готового результату.

Кожна наука і кожний навчальний предмет оперує певним колом властивим їм понять. Засвоєння математичних понять відбувається у процесі аналітико-синтетичної діяльності студентів. При підготовці викладачеві варто підібрати різні посібники з різними означеннями одного і того ж поняття і надати перевагу тому чи іншому означенню, враховуючи інформацію про зв'язок цього поняття з іншими та профіль вищого навчального закладу, де вивчається цей курс [9]. Викладач також повинен потурбуватись про метод введення того чи іншого поняття.

Потрібно також звернути увагу на формулювання та доведення теорем у курсі вищої математики. Із теоремами та їх доведеннями студенти знайомі ще зі школи. Вони розвивають логіку мислення, просторові уявлення, вчать методам доведення. Доведення дають змогу студентам засвоїти логічні прийоми розумової діяльності, формують позитивні якості особистості, зокрема обґрунтованість суджень, стислість, чіткість висловлення думки, критичність мислення. На лекції варто викладачу навести один спосіб доведення теореми, але обов'язково повідомити про існування інших. На практичному занятті можна вказати літературу для відшукання іншого способу доведення.

Одним з провідних методів навчання математики студентів технічних спеціальностей та пізнання дійсності засобами вищої математики є побудова математичної моделі досліджуваних явищ. Математичне моделювання складається із трьох етапів: побудови математичної моделі явища чи процесу; дослідження цієї моделі математичними методами; інтерпретації отриманого рішення мовою вихідного завдання. Під час навчання студентів математичного моделювання необхідно навчити їх не лише дослідженню готової моделі математичними методами, а й оволодінню кожним етапом розв'язання задачі. Побудова математичної моделі явища чи процесу – це, як показують результати перевірки знань студентів, найскладніший етап у вирішенні задачі. Він вимагає широкого знання фактів, що відносяться до явища, що вивчається, і розуміння їх взаємних зв'язків.

Математика оперує абстрактними поняттями, між якими існує логічний зв'язок. Втрата логічного зв'язку призводить до часткового або повного нерозуміння подальшого матеріалу, як теоретичного так і при розв'язуванні задач. Використання тільки довідкового матеріалу не може повністю поновити логічний зв'язок. Особливість математики полягає в тому, що кожне абстрактне поняття повинно фіксуватися в асоціативній пам'яті студента для подальшого оперування ним при розв'язанні конкретних задач і аналізі результатів. Курси вищої математики, теорії ймовірностей та математичної статистики, безумовно, передбачають формулювання конкретних задач та володіння студентами навичок їх розв'язання. У структурі задачі виділяють вимогу та умову. За змістом вимоги їх поділяють на задачі на обчислення, на доведення, на побудову, на дослідження. Викладачу варто звернути увагу студентів на те, що розв'язання задачі будь-якої складності базується на використанні формул, ознак, правил, аксіом, теорем, властивостей, на основі яких створюється алгоритм розв'язання. Викладач, який має справу із задачами, повинен пам'ятати про етапи їх розв'язування та проводити ці етапи. Цими етапами є аналіз тексту задачі, пошук плану розв'язання задачі, здійснення знайденого плану, перевірка розв'язання, дослідження.

Висновки. Отже, лише відповідна професійна підготовка, високий рівень математичної культури, наполеглива праця викладачів і студентів, здобутий досвід нададуть можливість майбутнім інженерам ефективно застосовувати математичні методи дослідження в своїй професійній діяльності. Потрібні подальші удосконалення даної системи з урахуванням відповідних соціально-політичних та економічних змін у суспільстві, потрібне раціональне застосування активних методів, нових технологій навчання, які спрямовані на перебудову й вдосконалення навчально-виховного процесу та підготовку фахівців інженерного спрямування до професіональної діяльності в сучасних умовах. Нові особливості, цілі і задачі навчальної діяльності визначатимуть елементи інноваційних методик навчання математичним дисциплінам студентів вищих технічних навчальних закладів.

Перелік посилань

1. Крилова Т.В., Стеблянко П.О. Професійно орієнтоване навчання математики в технічному вузі – першочергова задача сьогодення / Т.В.Крилова, П.О. Стеблянко // Вісник Черкаського університету. Науковий журнал. Педагогічні науки. – 2008. - №127. – С. 98-101.

2. Клочко В.І. Нові інформаційні технології навчання математики в технічній вищій школі. – Вінниця, 1998. – 340 с.

3. Слєпкань З.І. Наукові засади педагогічного процесу у вищій школі. - К.:НПУ,2000.-210с.

4.Хом'юк В. В. Компетентністний підхід до формування математичної компетентності майбутніх інженерів.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://visnyk.chnpu.edu.ua/?wpfb_dl=741

5. https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/911082.pdf

6. Згуровський М.І. Інженерна освіта в Україні: стан і перспективи / М. Згуровський // Вища школа. – 2001. - №6. – С. 4-5.

7. Мурашковська В.П., Казнадій С.П. Окремі аспекти формування професійної компетентності майбутніх інженерів механіків у процесі математичної підготовки у ВНЗ. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 4(18). С. 121-125.

8.Головань М. С. Математична компетентність: сутність та структура / Микола Степанович Головань. // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету. – 2014. – №1. – С. 35–39.

9. Кочубей А. В. Педагогіка та методика викладання у вищій школі : навч. посіб. / А. В. Кочубей., С. С. Якубовська. – Рівне : НУВГП, 2017. – 292 с.

METHODICAL APPROACHES TO FORMING THE FUNDAMENTAL COMPETENCES OF THE FUTURE ENGINEER DURING THE STUDY OF MATHEMATICAL DISCIPLINES

Bondarenko Liudmyla P., Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: luda_bond@ukr.net, тел.+380442803942, https://orcid.org/0000-0002-8239-065X

Liashenko Yana G., PhD in Physics and Mathematics, National Aviation University, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, e-mail: Ya_Lyashnko@ukr.net, тел.+380444067323 https://orcid.org/0000-0002-7772-7879

Summary The main aspects of methodological approaches to teaching mathematical disciplines with the aim of forming the fundamental professional competences of the future engineer are considered at article. The study of mathematics in a higher technical school is substantiated as a necessary condition for the formation of an engineering type of thinking.

The features and basic conditions for the effective formation of fundamental mathematical competencies in the process of training future engineers are considered, namely: the using in the educational process of such a methodical system of teaching mathematics, which would allow not only to reproduce the educational material, but also to activate the search and research activities of students, to make abstract material difficult to perceive visible, to conduct computational experiments with models created by students, dynamic drawings in order to propose hypotheses , solving creative, non-standard problems, ensuring the strengthening of the applied orientation of education.Attention is drawn and the importance of integration of mathematics with special narrow-profile disciplines is proven. The requirements for teaching methods and the system of educational mathematical tasks, which are put forward at the initial stage of training students of technical specialties, are formulated. The structure and components of mathematical competence are given, which

includes: procedural, logical, technological, research, methodological competence; the nature and essence of each of them is determined. The work also compares some of the main components of educational mathematical activity and the professional competencies of the future engineer.

Prospective ways of solving the problem of improving the quality of mathematical training of students of higher technical educational institutions and strengthening the professional competences of future engineers are connected, first of all, with students' deep assimilation of the basics of mathematical science, the ability to see and use intra-subject and inter-subject connections, and the applied orientation of the higher mathematics course and its connection with highly specialized mathematical disciplines of a professional direction. Only integrated lessons, integrated modules, integrated courses provide opportunities for generalization, structuring, systematization of material, students gain experience in learning processes and phenomena, which contributes to the development of creative abilities, the formation of professionally significant qualities of future engineers.

Key words: mathematical disciplines, competence, teaching method, educational activities, educational process, engineers.

References

1. Krylova T.V., Steblianko P.O. Profesiino oriientovane navchannia matematyky v tekhnichnomu vuzi – pershocherhova zadacha sohodennia / T.V.Krylova, P.O. Steblianko // Visnyk Cherkaskoho universytetu. Naukovyi zhurnal. Pedahohichni nauky. – 2008. - №127. – S. 98-101.

2. Klochko V.I. Novi informatsiini tekhnolohii navchannia matematyky v tekhnichnii vyshchii shkoli. – Vinnytsia, 1998. – 340 s.

3. Sliepkan Z.I. Naukovi zasady pedahohichnoho protsesu u vyshchii shkoli. - K.:NPU,2000.-210s.

4.Khomiuk V. V. Kompetentnistnyi pidkhid do formuvannia matematychnoi kompetentnosti maibutnikh inzheneriv.– [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: http://visnyk.chnpu.edu.ua/?wpfb_dl=741

5. https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/911082.pdf

6. Zghurovskyi M.I. Inzhenerna osvita v Ukraini: stan i perspektyvy / M. Zghurovskyi // Vyshcha shkola. – 2001. - №6. – S. 4-5.

7. Murashkovska V.P., Kaznadii S.P. Okremi aspekty formuvannia profesiinoi kompetentnosti maibutnikh inzheneriv mekhanikiv u protsesi matematychnoi pidhotovky u VNZ. Fizyko-matematychna osvita. 2018. Vypusk 4(18). S. 121-125.

8.Holovan M. S. Matematychna kompetentnist: sutnist ta struktura / Mykola Stepanovych Holovan. // Naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu. – 2014. – №1. – S. 35–39.

9. Kochubei A. V. Pedahohika ta metodyka vykladannia u vyshchii shkoli : navch. posib. / A. V. Kochubei., S. S. Yakubovska. – Rivne : NUVHP, 2017. – 292 s.

УДК 625.70 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-035-050**
UDC 625.70

ІСТОРІЯ КАФЕДРИ СИСТЕМНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ГЕОДЕЗІЇ. ЧАСТИНА 1. ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ КАФЕДРИ.

HISTORY OF THE DEPARTMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS SYSTEM DESIGN AND GEODESY. PART 1. THE MAIN STAGES OF THE DEPARTMENT'S DEVELOPMENT



Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії , e-mail: gip65n@gmail.com, +380503524124*

http://orcid.org/0000-0001-9246-7561



Павлюк Дмитро Олександрович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії, e-mail: ntupavlukd@gmail.com, +380672099378*

https://orcid.org/0000-0003-4493-4238



Хом'як Анна Ярославівна, *кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: akhomjak@gmail.com, тел.: +380673990164*

https://orcid.org/0000-0002-1661-7975

Анотація. В основі будь-якої галузі народного господарства закладені освітній та науковий фактори, розвиток яких зумовлює рівень, ефективність функціонування, відповідність сучасним тенденціям та викликам.

У Національному транспортному університеті створена об'єднана кафедра "Системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії", яка поєднує досвід освітньої на наукової діяльності підрозділів, що визначають важливі напрямки розвитку дорожньої галузі.

Проаналізовані шляхи створення та розвитку кафедр проєктування доріг, геодезії та аеропортів, відповідні наукові школи та досягнення, які є підґрунтям для успішного подальшого розвитку нової кафедри.

Ключові слова: транспортна інфраструктура, дорожня галузь, історія кафедри, проєктування доріг, геодезія, аеропорти, дослідження, наукова школа

Вступ. Транспортна інфраструктура є важливою складовою як економічного, так і соціального розвитку країни, оскільки мусить забезпечувати економічно збалансовану сукупність шляхів сполучення, рухомого складу, засобів управління й зв'язку, тобто, ефективну роботу всіх видів транспорту. Основою є дорожня інфраструктура, оскільки від наявної мережі доріг та їх стану залежить якість перевезень – швидкість, зручність, безпека, комфорт тощо.

Передумовою створення необхідних умов для ефективних транспортних перевезень є вивчення теоретичних основ руху транспортних потоків, обґрунтування оптимального забезпечення відповідного руху дорожніми мережами, їх транспортно - експлуатаційного стану.

З метою підготовки фахівців для дорожньої галузі в 1930 р. в м. Харкові, який на той час був столицею України, було засновано автомобільно-дорожній університет (ХАДІ) . 7 листопада 1944 року, в час виникнення нагальної потреби відбудови доріг та мостів, створення нових шляхів сполучення по закінченні Другої світової війни, засновано Київський автомобільно-дорожній інститут (КАДІ). В ХАДІ та КАДІ були створені наукові школи, які стали базовими для подальшого розвитку науки та освіти в дорожньо-транспортній галузі.

Мета і методи. В 1944 в КАДІ (зараз НТУ, Національний транспортний університет) було створено два факультети – дорожній та механічний для підготовки фахівців з чотирьох спеціальностей: автомобільні дороги, мости, автомобілі та автомобільне господарство, дорожні машини і механізми. До викладацької роботи були залучені кращі фахівці, що зразу дозволило забезпечити високу якість підготовки молодшого покоління інженерів, науковців та викладачів.

З дня заснування університету була створена кафедра проєктування доріг, яка стала базовою для підготовки майбутніх фахівців із проектування автомобільних доріг та міських вулиць. В 1945 році була створена кафедра геодезії. Розвиток наукової та освітньої складових цих вагомих напрямків дає розуміння забезпечення кадрового потенціалу процесів вишукування та проєктування доріг.

В 2023 році на базі кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою та кафедри аеропортів, організованої в університеті в 2002 році, була створена об’єднана кафедра “Системного проєктування об’єктів транспортної інфраструктури та геодезії”.

Ретроспективне вивчення розвитку наукових та освітній аспектів зазначених фундаментальних напрямків дорожньо-траспортної галузі є необхідним для збереження наукових досягнень, освітянського досвіду та історичної пам’яті.

Основна частина. Кафедра проєктування доріг існує в Національному транспортному університеті (колишній КАДІ) з дня його заснування та спеціалізується на підготовці фахівців із проектування автомобільних доріг та міських вулиць.

У перші роки на кафедрі проєктування доріг працювало двоє викладачів — завідувач, д.т.н., професор А. Є. Стрaментов (1903–1963) та інженер О. М. Кисілевський (1881–1963).

В 1947 р. професор А. Є. Стрaментов перейшов на роботу до Київського інженерно-будівельного інституту, де очолив кафедру міського будівництва і господарства. Через відсутність висококваліфікованого фахівця, який би зміг керувати кафедрою проєктування доріг, остання була

об’єднана з кафедрою гідравліки. Завідувачем новоствореного підрозділу став директор інституту, професор Ю. М. Даденков (1911–1991) — відомий вчений в галузі дорожньо-мостової гідравліки (пізніше — міністр вищої й середньої спеціальної освіти Української РСР).

Об’єднана кафедра проіснувала 13 років, а в 1960 р. її було знову розділено на дві — проєктування доріг та гідравліки. Завідувачем кафедри проєктування став учень Ю. М. Даденкова - к. т. н., доцент Ярослав Васильович Хом’як, який керував кафедрою 29 років, до 1989 року (вийшов наказ про обмеження віку роботи на адміністративних посадах до 65 років).

Ярослав Васильович після закінчення аспірантури в 1955 р. захистив кандидатську дисертацію: «Дослідження умов протікання води в отворах малих мостів при переходах через затоплені улоговини», отримав звання доцента та очолив кафедру проєктування доріг у 1960 році.



Юрий Миколайович Даденков – доктор технічних наук, професор.
Влітку 1944 року інженер-майор Ю. М. Даденков відкликаний з фронту. Того ж року, за згодою союзного уряду, він засновує та очолює Київський автодорожній інститут. У ньому Ю. М. Даденков викладає курс «Гідравліка, гідрологія, гідрометрія», від 5 січня 1945 року очолює також кафедру гідравліки. 1947 року очолює профільну на дорожньо-будівельному факультеті кафедру «Вишукування, проектування доріг і гідравліки». У березні 1952 року захищає докторську дисертацію на тему «Дослідження пропускання зливових вод малими мостами» та отримує ступінь доктора технічних наук і одночасно — вчене звання професора. Того ж року при КАДІ відкривається аспірантура з питань гідравліки. На посаді директора інституту Ю. М. Даденков пропрацював до 1959 року, коли став першим заступником міністра, а з 22 лютого 1960 по 13 листопада 1973 року — міністром вищої та середньої спеціальної освіти УРСР. Після виходу на пенсію і до кінця життя працював професором-консультантом кафедри проектування доріг Київського автомобільно-дорожнього інституту.
Ю. М. Даденков є засновником наукової школи гідравліки відкритих русел і водопропускних гідротехнічних споруд. займався питаннями нормування швидкостей плину води в укріплених річищах і розрахунку малих мостів на їхній основі, гідравлічного розрахунку призматичних швидкотоків (його формула визначення найвигіднішого перетину прямокутного лотка швидкотока увійшла до багатьох довідників і посібників і використовується донині), вивчав питання формування зливового стоку з малих водозбірних басейнів. Висновки його кандидатської дисертації надалі були використані під час розробки нормативних вимог до проектування автомобільних доріг.
Ю. М. Даденков є автором більш як 60 наукових праць, в тому числі багатьох навчальних посібників. Серед них: тритомник «Гідравлічні розрахунки» (1951), «Гідравлічні розрахунки відкритих русел» (1961), що були перекладені китайською та видані в Китаї. Підготував 14 кандидатів і 2 докторів технічних наук.

	Ярослав Васильович Хом'як – доктор технічних наук, професор, проректор Київського автомобільно-дорожнього інституту з наукової роботи (1960-1984р.р.), Керівник знаної далеко за межами України наукової школи, з якої вийшло більше сорока кандидатів та докторів наук. Автор 17 монографій та підручників, основні з яких - «Проектування оптимальних мереж автомобільних доріг» (1969,1983), «Проектування дорожніх покриттів» (1980), «Автомобільні дороги і навколишнє середовище» (1983), «Організація дорожнього руху» (1986), «Автоматизація проектування автомобільних доріг» (1987), «Інженерне обладнання автомобільних доріг (1990), «Проектування поздовжнього профілю автомобільних доріг» (1990), «Проектування автомобільних доріг, част. 1,2» (1997, 1998), «Розрахунок конструкцій дорожніх одягів.» (1979), «Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг і безпека руху» (1980) та ін. Є автором більше ніж 250 наукових та методичних праць. Розроблена професором Я.В.Хом'яком методика проєктування мереж автомобільних доріг знайшла широке впровадження як в Україні, так і за кордоном.
	Химерик Юрій Андрійович – кандидат технічних наук, професор, народився 26 лютого 1913 р. в с. Дашів Вінницької області, в родині Протоієрея. Після закінчення школи вступив в Київський інженерно-меліоративний технікум, а потім до Київського меліоративно-землевпорядного політехнікуму по спеціальності «Гідротехнічне будівництво». Після закінчення ВУЗу продовжив займатися науковою діяльністю і в 1951 р. захистив дисертацію на тему «Будівництво каналів вибуховим способом із застосуванням порохових відходів у водонасичених ґрунтах». У 1965-1978 роках кафедрою інженерної геодезії завідував Юрій Андрійович Химерик - **а**втор більш як 150 наукових праць, з яких 6 книг, перша з яких: «Будівництво гребель колгоспних ставків» вийшла ще у 1953 році. Монографія ж «Проєктування та розрахунок гідротехнічних споруд» була перевидана двічі. За часів перебування Ю.А. Химерика на посаді завідувача, кафедра інженерної геодезії стала випускаючою, відбулося оснащення лабораторії сучасним геодезичним обладнанням. Під керівництвом Ю.А. Химерика були розроблені нові способи топографічних вишукувань трас, зокрема способом віялоподібних променів, при якому горизонтальні і вертикальні кути вимірюються одним геодезичним інструментом. Цей спосіб знайшов своє виробниче впровадження і довів ефективність його використання при виконанні геодезичних робіт. За час своєї наукової діяльності Ю.А. Химерик опублікував більше 150 наукових статей, видав та впровадив в учбовий процес більше 30 учбово-методичних розробок, в тому числі 15 навчальних посібників і монографій.

	Білятинський Олександр Антонович – доктор технічних наук, професор. Білятинський О.А. навчався в Київському автомобільно-дорожньому інституті з 1959 по 1964 рік. Стажувався у Німеччині з 1962 по 1963р. у Лейпцігському інституті перекладачів та Дрезденській вищій транспортній школі ім. Фрідріха Ліста; з 1973 по 1974 р. - у Технічному університеті м. Штутгарт в Інституті організації дорожнього руху та проєктування доріг. Захистив кандидатську дисертацію Білятинський О.А. у 1969 р. на тему: «Організація дорожнього руху на трьохсмугових дорогах», а у 1988 р. захистив докторську дисертацію на тему : «Теоретичні основи проектування траси при реконструкції автомобільних доріг». Автор понад 350 наукових праць та підручників.
	Попов Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, професор. Кандидат технічних наук (1955 р.), доцент (1959 р.), професор (1985 р.), «Заслужений працівник освіти України» (1994 р.). Орден «Знак Пошани» (1961 р.); Орден «Знак Пошани» (1969 р.); Відмінник освіти України (2000 р.). Аспірант кафедри «Проектування доріг» (1952–1955 рр.); асистент кафедри «Проектування доріг» (1953–1958 рр.); доцент кафедри «Проектування доріг» (1958–1959 рр.); проректор КАДІ з навчальної роботи (1971-1986 рр.); доцент кафедри гідравліки (1981–1983 рр.); професор кафедри гідравліки (1983–1985 рр.); завідувач кафедри інженерної геодезії (1985–1993 рр.); професор кафедри мостів і тунелів (1993–2005 рр.). В.М. Попов є автором понад 200 друкованих праць, виданих російською, українською, англійською та іспанською мовами, серед яких близько 40 підручників, навчальних посібників, монографій і довідників. Має 9 свідоцтв про державну реєстрацію авторських прав.
	Дмитрієв Микола Миколайович – доктор технічних наук, професор. У 1971 році закінчив Київський інститут інженерів цивільної авіації, інженер по експлуатації пілотажно-навігаційних комплексів і спецобладнання літаків. З 1974 р. по 1977 р. навчався в аспірантурі при Київському інституті інженерів цивільної авіації. У 1979 році захистив кандидатську дисертацію, в 1998 році - докторську дисертацію. З 1982 р. - доцент, з 1993 р. - професор. З 1982 р. - доцент кафедри технічної експлуатації спецтранспорту і засобів механізації аеропортів. З 1984 р. по 1995 р. - завідувач проблемною н/д лабораторією Інституту проблем матеріалознавства НАН України. З 1995 р. по 1998 р. - професор кафедри. З 1998 р. по 2000 р. - вчений секретар Національного транспортного університету. З 2000 р. - проректор з наукової роботи НТУ. Дмитрієв М.М. є автором понад 200 наукових праць, з них 4 монографії, 7 підручників та учбових посібників, 18 патентів та авторських свідоцтв. Під його керівництвом захищено 8 кандидатських та 2 докторські дисертації.



Павлю́к Дмитро Олександрович – доктор технічних наук, професор.
Народився 21. 09. 1960, с. Тютюнники Чуднівського, нині Житомирського р-ну Житомирської обл. — фахівець у галузі будівництва автомобільних доріг. Доктор технічних наук (1996), професор (1998). Закінчив Київський автомобільно-дорожній інститут (1982), Київський університет (1989, спеціальність «математика»). Від 1982 працює у Національному транспортному університеті (Київ): 2008—23 — завідувач кафедри проєктування доріг, геодезії та землеустрою, від 2023 — професор кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії. Вивчає проблеми оцінювання транспортно-експлуатаційних властивостей автомобільних доріг та аеродромів. Розробив методику розрахунку армованих насипів з урахуванням дотичної жорсткості контакту та попереднього зміщення, ефекту обтиснення, ефекту клина, особливості передачі напружень через похилий майданчик; методику проєктування шорсткості поверхні дорожніх покриттів для забезпечення високих зчіпних властивостей під час взаємодії їх із шинами автомобілів. Керівник розроблення та автор приладів для оцінювання транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг: прилад для вимірювання коефіцієнта зчеплення «Y-1»; дорожній профілометр «ДПП»; навісне обладнання на автогрейдер для штампових випробувань шарів дорожніх конструкцій; прилад для оцінки адгезійних властивостей в'яжучих і кам'яних матеріалів; універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО»; прилад для вимірювання нерівностей дорожніх покриттів «Танін» тощо.
Дмитро Павлюк — автор 150 наукових праць, десяти нормативних документів, двох підручників. Він має десять авторських свідоцтв та патентів на винаходи. Під його керівництвом захистили кандидатські дисертації Булах О.І., Ільченко В.В., Рибіцький Л.Л,, Булах Є.О., Шуляк І.С.

На викладацьку роботу на кафедру проєктування доріг були запрошені доцент К. А. Хавкін, доцент С. М. Грибніков, старші викладачі К. І. Рєпкін, Б. К. Бігич, асистент Г. О. Ліліцький, який протягом тривалого часу успішно працював також і радником з дорожніх питань при ООН.

В 1961 р. на кафедрі було організовано лабораторію автоматизації проєктно-розвідувальних робіт з використанням ЕОМ. До роботи в ній були залучені молоді фахівці — випускники Київського державного університету

ім. Т. Г. Шевченка Л. Ф. Вальчук та І. М. Зиміна. Згодом до них приєдналися Ю. А. Цибенко і Л. К. Тищенко-Тишковець. Очолив науково-дослідну лабораторію к. т. н., доцент Климент Аронович Хавкін, у 1955 р. він захистив кандидатську дисетрацію: «Дослідження впливу швидкості руху автомобілів на вертикальних кривих на визначення елементів поздовжнього профілю автомобільних доріг», яка стала першою дисертацією, виконаною ще на кафедрі проєктування доріг і гідравліки за спеціальністю «Автомобільні дороги».

Кафедрі проєктування доріг належить пріоритет у впровадженні електронних обчислювальних машин під час проєктування доріг. Створено новий науковий напрям — автоматизація проєктних робіт. Використовуючи накопичений досвід з автоматизації проектування, для спеціальності «Автомобільні дороги» було розроблено і запроваджено в навчальний процес нову дисципліну - «Основи автоматизації проєктування автомобільних доріг».

Низка програм та проєктних розробок, створених із використанням ЕОМ під керівництвом д. т. н., професора Я. В. Хом'яка, неодноразово експонувалися на ВДНГ у Москві і були удостоєні золотої, срібної та бронзової медалей найпрестижнішої виставки колишнього СРСР.

Необхідність удосконалення програм практичної підготовки молодих фахівців, а також потреба у створенні власної бази для проведення технологічних практик із проєктування доріг зумовили створення в інституті на базі кафедри проєктування доріг госпрозрахункового студентського проєктно-конструкторського бюро (СПКБ). Воно було самостійним підрозділом інституту, але його організаційно-технічна діяльність підпорядковувалася кафедрі проєктування доріг. Викладачі кафедри постійно працювали на посадах консультантів у СПКБ (пізніше — СПКО).

З 1960 р. на кафедрі функціонує аспірантура під керівництвом д. т. н., професора М. В. Орнатського. До неї були залучені випускники інституту В. П. Старовойда, В. Й. Заворицький, М. М. Макаренко, В. М. Ткачук, О. П. Усов. Всі аспіранти захистили дисертації і їм були присвоєні вчені ступені кандидатів технічних наук.

Проблематика науково-дослідних робіт була доволі різноманітною. Так, В. Й. Заворицький підготував дисертацію на тему: «Гірський тиск у гідротехнічних і транспортних тунелях у глинистих породах з урахуванням їх реологічних властивостей». Наукова робота О. П. Усова мала тему «Призначення елементів автомобільних доріг з урахуванням особливостей роботи зорового апарату водіїв». Дисертація В. П. Старовойди присвячена темі: «Дослідження трас та визначення габаритних розмірів автомобільних магістралей на підходах до міст». М. М. Макаренко підготував кандидатську дисертацію під керівництвом Я. В. Хом'яка і став його першим дисертантом, захистивши роботу: «Дослідження вимог руху автомобільних потягів при призначенні геометричних елементів автомобільних доріг».

З 1966 р. під керівництвом Я. В. Хом'яка виконали дисертації В. П. Поліщук («Дослідження руху транспортних потоків на розв'язках автомобільних доріг», 1969), О. А. Білятинський («Дослідження впливу доріг з трьохсмуговою проїзною частиною на закономірності руху транспортних потоків», 1969), Я. І. Середяк («Дослідження впливу складних умов гірських доріг на характеристику руху транспортних потоків», 1973), В.М.Резнік («Дослідження транспортних потоків і організації руху на перетинах і примиканнях автомобільних доріг в одному рівні», 1974), О.С.Забишний («Задачі оптимального трасування автомобільних доріг», 1974). Всі ці вчені добре знані серед фахівців дорожньої галузі.

Після закінчення аспірантури для викладацької роботи на кафедру були запрошені В. П. Старовойда, В. Й. Заворицький, В. П. Поліщук, Я. І. Середяк, В. Ф. Скорченко, Л. Ю. Бойко, В. С. Чвак, А. В. Артеменко.

У 1970 р. Я. В. Хом'як захистив докторську дисертацію: «Теоретичні основи та практичні методи проектування оптимальних мереж автомобільних доріг», а через два роки його затверджено ВАК СРСР у званні професора. Розроблена ним методика проєктування мереж автомобільних доріг

здобула визнання й широко впроваджена як в Україні, так і у республіках колишнього Радянського Союзу та за його межами.

Професор Я. В. Хом'як створив авторитетну наукову школу, підготував більше 40 кандидатів та докторів наук, які й зараз успішно працюють в Україні, Молдові, Грузії, Вірменії, Узбекистані, Азербайджані, Естонії, Литві, Латвії, Польщі, Угорщині, Болгарії, а кафедра проєктування доріг КАДІ, завдяки своєму науковому доробку, була відомою далеко за межами України та колишнього СРСР. В аспірантурі кафедри навчалися й захищали дисертації вчені з Угорщини, Болгарії, Польщі тощо. Стажувалися також фахівці з країн Балтії, Німеччини, Грузії, Молдови, Середньої Азії.

Підтвердженням високого визнання науково-педагогічної роботи колективу кафедри проєктування стало й запрошення професора Я.В.Хом'яка для участі у XVI Міжнародному дорожньому конгресі, який проходив у Відні в 1979 році , де він був співголовою секції організації й безпеки руху.

Починаючи з 1961 р., понад 20 років завідувач кафедри проєктування доріг професор Я. В. Хом'як обіймав посаду проректора інституту з наукової роботи. В цей час на кафедрі проектування доріг окреслилося кілька наукових напрямів.

Вивчення закономірностей руху транспортних потоків і створення на їх основі рекомендацій з покращення дорожніх умов, а також розробки, присвячені проєктуванню мережі автошляхів, сформували основний вектор досліджень. За методикою, розробленою на кафедрі під керівництвом професора Я. В. Хом'яка, були запроектовані мережі доріг в Україні та ряді інших країн. Викладачі кафедри виконали та захистили дисертації: «Урахування кліматичних умов при проектуванні міських вулиць і доріг» (В. С. Чвак, 1978), «Дослідження впливу ширини проїзної частини прямолінійних ділянок дороги на швидкість руху із врахуванням емоційного напруження водія» (П. П. Дзюба, 1980), «Дослідження відповідності дорожніх умов вимогам транспортного потоку» (М. І. Гуков, 1980), «Моделювання розподілу транспортних потоків по вулично-дорожній мережі» (Ю. А. Цибенко, 1984), «Удосконалення проектування виробничої бази дорожнього господарства» (О. І. Рахуба, 1991).

Під керівництвом професора Я. В. Хом'яка кандидатами наук стали також І. П. Фецович, І. М. Мельничук, В. М. Резнік, Ф.П.Гончаренко, А. В. Ткаченко, В.В.Рудюк, В. М. Крамар., Д.С.Симеонов (Болгарія) та інші. - в аспірантурі кафедри навчалися і захищали дисертації вчені з Угорщини, Болгарії, Польщі та інших країн.

Наукове керівництво роботами, що пов'язані з організацією дорожнього руху, здійснював також на той час доцент, пізніше д.т.н., професор В. П. Поліщук. Серед його перших аспірантів був та той час асистент кафедри А. М. Пальчик (пізніше – професор кафедри), який в 1986 р. захистив дисертацію на тему «Удосконалення методів оцінки умов руху на основі обліку складу транспортного потоку».

Другий науковий напрям, спрямований на удосконалення методів підвищення стійкості земляного полотна, очолив доцент (пізніше д.т.н., професор) В. Й. Заворицький. Він підготував докторську дисертацію «Забезпечення експлуатаційної надійності високого насипу автомобільних доріг», яку захистив у 1987 р.

У 1976 р. на кафедрі почав формуватися ще один напрям наукових досліджень — охорона довкілля під час проєктування і будівництва автодоріг. Першою роботою у цій сфері стала кандидатська дисертація В. Ф. Скорченка «Вплив дорожніх умов на забруднення навколишнього середовища автомобілями», виконана під керівництвом професора Я. В. Хом'яка (1980). В цьому напрямі успішно працювали й також захистили кандидатські дисертації аспірантки Т. О. Шилова і Т.

І. Червякова, І.Ю.Колпакова. Наукові дослідження з кількісного визначення викидів відпрацьованих газів автомобілями залежно від дорожніх умов і їх впливу на довкілля проводили на кафедрі й надалі під керівництвом д. т. н., професора В. Ф. Скорченка, який згодом створив та очолив кафедру екології.

Спільним наказом Міністра автомобільного транспорту і шосейних доріг і Міністра вищої і середньої спеціальної освіти Української УРСР № 492/752 від 30 грудня 1964 р. було створено Галузеву науково-дослідну лабораторію обліку та дослідження руху на автомобільних дорогах при кафедрі проектування доріг Київського автомобільно-дорожнього інституту.

Науковим керівником зазначеної лабораторії був професор Хом'як Я.В. - саме завдяки йому в Україні була науково обґрунтована концепція системи «дорожні умови – транспортні потоки». На основі зазначеної системи було виконано багато наукових робіт і досліджень з питань розвитку організації та безпеки дорожнього руху і охорони навколишнього середовища, а лабораторія стала справжнім осередком науки на кафедрі автомобільних доріг.

Зокрема, працюючи в лабораторії, підготували та захистили кандидатські дисертації Ф.П. Гончаренко, В.І. Єресов, Н.Т. Кунда, О.П. Дзюба, С.Л. Ігнатов. Крім того, лабораторія стала базою для проведення експериментальних досліджень аспірантів кафедри. На базі лабораторії здійснювали експериментальні дослідження колишні аспіранти та працівники кафедри М.І. Гуков, П.П. Дзюба, А.М. Пальчик, В.Ф. Скорченко, Т.О. Шилова, Т.І. Черв'якова, А.В. Ткаченко та інші, а к.т.н., доцент В.П. Поліщук розробив теоретичні основи автоматизованих систем управління дорожнім рухом на автомобільних дорогах, що стало основою його докторської дисертації.

Розробки лабораторії нагороджені багатьма медалями Виставки досягнень народного господарства колишнього СРСР та дипломами Виставки досягнень народного господарства Української РСР.

В період з 1985 по 1987 рр. очолював Галузеву науково-дослідну лабораторію обліку та дослідження руху на автомобільних дорогах к.т.н. Федір Петрович Гончаренко.

У 1989 р. завідувачем кафедри проєктування доріг був обраний д.т.н., професор Олександр Антонович Білятинський, у сфері наукових інтересів якого було проектування трисмугових магістралей, застосування нових типів вертикальних кривих, удосконалення принципів розміщення елементів упорядкування та застосування заходів захисту навколишнього середовища під час проєктування та реконструкції автомобільних доріг.

Під керівництвом професора О. А. Білятинського захистили кандидатські дисертації А. І. Нікітенко, С. К. Омельчук, В. О. Пеньков, І. Лапицький, М. Домбровський, А. Овчаренко, С. Л. Ігнатов, О. І. Петрова, І. Шилин, І. Клименко.

Після розформування кафедри інженерної геодезії в 1992 р. до кафедри проєктування доріг перейшли працювати доценти М. Д. Горбик, С. К. Омельчук, А. І. Нікітенко, старший викладач К. С. Демчишина, асистент В. М. Шестаков.

Кафедра геодезії КАДІ була заснована в 1945 р. Свого часу нею керували видатні вчені — професор М. І. Товстоліс (1945–1964), доценти Ю. А. Химерик (1965–1978), М. Д. Горбик (1979–1989), професори О. А. Білятинський (1990-1996), В. М. Попов (1997–2002).

Першим завідувачем кафедрою був доктор технічних наук Микола Ілліч Товстоліс, сфера наукових інтересів якого була доволі широкою: вчений вивчав застосування методів будівельної механіки при вирішенні геодезичних задач; аналітичні та графічні методи розв'язання задач по прив'язці теодолітних ходів; урівноваження нівелірних та полігонометричних мереж тощо.

З 1965 по 1978 року очолював кафедру «Геодезії» в Київському автомобільно-дорожньому інституті (КАДІ). Під керівництвом Химерик Ю.А., з 1967 кафедра стала випусковою, почала здійснювати підготовку випускних кваліфікаційних робіт рівня спеціаліст.

Значне місце в роботі кафедри займали літні учбові геодезичні практики, які дозволяли студентам більш глибоко вивчати прийоми і методи геодезичних вимірів безпосередньо на місцевості.

Кафедра геодезії була обладнана сучасним геодезичним обладнанням, що дозволяло проводити лабораторні роботи, учбові практики на сучасному рівні і готувати спеціалістів з широким кругозором в області інженерно-геодезичних робіт, здатних самостійно виконувати виробничі завдання технічно грамотно і з науковим підходом.

Основним науковим напрямком діяльності кафедри було дослідження проблем природних геосистем і їх компонентів у басейнових системах під впливом діяльності людини та природних чинників, обґрунтування системи природоохоронних заходів, геодезичне забезпечення стану інженерно-технічних споруд та об'єктів, проектування гідротехнічних споруд.

Розроблений Химериком Ю.А. розрахунок гідротехнічних споруд знайшов широке впровадження у проектних організаціях, також його досі використовують в навчальному процесі в КНУБА.

Наукові роботи високої якості, які виконувались під керівництвом Ю.А. Химерика активно впроваджувалися в практику проектування автомобільних доріг та гідротехнічних споруд.

Горбик Михайло Дем'янович завідував кафедрою інженерної геодезії в 1979-1989 роках Протягом 10 років працював в Афганістані, завідував кафедрою геодезії в м.Кабул.

Серед досвідчених викладачів, які зробили вагомий внесок у розвиток кафедри геодезії, були О. Д. Вінярський, О. О. Романюк, К. С. Демчишина, В. М. Шестаков, М. І. Піскун, М. О. Володін, Завідувачами лабораторії були І. П. Киянченко, І. Ф. Дорош.

Протягом 1997–2002 рр. кафедра була об'єднана з кафедрою нарисною геометрії (мала назву «Кафедра інженерної геодезії і графіки») та розташовувалася в навчально-бібліотечному корпусі. Завідував кафедрою інженерної геодезії і графіки у 1997-2002 роках Попов Володимир Миколайович, який в попередні роки обіймав посаду проректора КАДІ з наукової роботи. Разом з Горбиком М.Д. розробляли новий напрямок – використання технічних засобів навчання (ТЗМ) в учбовому процесі. Розробки кафедри експонувалися на виставках досягнень народного господарства.

На певному етапі кафедра геодезії функціонувала як секція інженерної геодезії у складі кафедри проєктування доріг.

Кафедра забезпечувала викладання всіх нормативних дисциплін і спецкурсів. Її викладачі керували дипломними та магістерськими роботами, а також проводили польові практики з профільних дисциплін на дорожньо-будівельному та автомеханічному факультетах (денна і заочна форми навчання).

З липня 2007 р. обов'язки завідувача кафедри проєктування доріг виконував к. т. н., доцент (пізніше професор) Анатолій Миколайович Пальчик, а у вересні 2008 р. на цю посаду призначений д.т.н., професор Дмитро Олександрович Павлюк.

Д.О. Павлюк у 1982 р. закінчив Київський автомобільно-дорожній інститут за спеціальністю «Автомобільні дороги», наступного року — Вищі державні курси патентознавства та винахідництва, а в 1989 р. — Київський державний університеті ім. Т. Г. Шевченка за фахом «Математик, викладач».

Протягом 1982–1997 рр. Дмитро Олександрович працював у галузевій науково-дослідній лабораторії якості автомобільних доріг, де пройшов шлях інженера, молодшого наукового

співробітника, наукового співробітника, старшого наукового співробітника, завідувача лабораторії (1993–1997).

У 1993 р. Д.О. Павлюк захистив кандидатську дисертацію: «Вдосконалення методики проектування армованих насипів на основі використання математичних моделей взаємодії геотекстильного прошарку з ґрунтом»,

у 1996 р. — докторську: «Основи та застосування теорії зчіпних якостей дорожніх покриттів».

У 1997 р. Д.О. Павлюк став професором кафедри будівництва та експлуатації доріг, у 2002 р. — професором кафедри аеропортів. З 2008 р. до 2023р . очолював кафедру проектування доріг, геодезії та землеустрою і лабораторію автомобільних доріг та аеродромів, де виконувалися науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи по розробці нормативних документів, пересувних лабораторій, нових приладів та засобів контролю транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг на замовлення Укравтодору та інших організацій.

Лабораторія автомобільних доріг та аеродромів протягом багатьох років здійснює оцінку транспортно-експлуатаційних показників автодоріг під час їх експлуатації, реконструкції та будівництва згідно з вітчизняними та європейськими нормативними документами.

Фахівці лабораторії здобули великий досвід під час виконання штампових випробувань конструкцій та їх шарів як на будівництві автодоріг, так і на промислових майданчиках.

Лабораторія організовує та бере участь у державних кореляційних випробуваннях засобів вимірювання міцності і рівності. Щороку пересувні лабораторії дорожніх організацій проходять кореляційні випробування щодо єдності вимірювань. Проводиться постійний моніторинг стану дослідних ділянок.

Лабораторія є одним з базових підприємств для проходження навчальної практики студентів.

Серед основних наукових досягнень Д. О. Павлюка — методика розрахунку армованих насипів з урахуванням дотичної жорсткості контакту та попереднього зміщення, ефекту обтиснення, ефекту клина, особливості передачі напружень через похилу площадку; методика проектування поверхні дорожніх покриттів для забезпечення високих зчіпних якостей. Учений був керівником розробки та автором пристроїв для оцінки транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг: приладу для вимірювання коефіцієнта зчеплення «Y-1»; дорожнього профілометра «ДПП»; навісного обладнання на автогрейдер для штампових випробувань шарів дорожніх конструкцій; приладу для оцінки адгезійних властивостей в’яжучих і кам’яних матеріалів; універсального дорожнього вимірювального обладнання «УДВО»; пристрою для визначення динамічного модуля деформації ґрунтів; приладу для вимірювання нерівностей дорожніх покриттів «Танін»; вимірювальної станції для штампових випробувань шарів дорожніх конструкцій.

Протягом півстоліття на кафедрі пропрацював доцент Володимир Петрович Старовойда (вийшов на пенсію у 2010 р.) — досвідчений проєктувальник міських вулиць та доріг. Він спеціалізувався на проєктуванні дорожніх розв’язок, зокрема брав участь у проєктуванні їх у Києві: на перетині проспектів Перемоги та Повітрофлотського, вулиць Довженка та Дегтярівської, Фрунзе та колишньої Коротченка. В його науковому доробку — понад 25 навчально-методичних посібників, більше 200 наукових публікацій.

У 2012 році кафедра перейменована на кафедру проєктування доріг, геодезії та землеустрою.

На кафедрі після закінчення аспірантури і протягом всього життя працював Олексій Іванович Рахуба — спочатку асистентом, згодом к. т. н., доцент, очолював профспілкову організації НТУ (за

сумісництвом). Викладав дисципліну «Проєктування автомобільних доріг», досліджував проблеми впровадження сучасних методів при проєктуванні автомобільних доріг, їх капітального ремонту і реконструкції, запровадження нових способів паспортизації доріг, охорони навколишнього середовища. Автор близько 100 наукових та науково-методичних робіт.

Від часу закінчення КАДІ і до 2023 року працювала на кафедрі Сібілла Костянтинівна Омельчук — к. т. н., доцент. У 1983 р. захистила кандидатську дисертацію «Застосування наземної стереограметрії при обстеженні дорожньо-транспортних пригод». Викладала «Основи інженерної геодезії», «Ландшафтна екологія», «Картографічні методи в екології», «Топографія». Автор понад 200 наукових та науково-методичних праць.

Працював кафедрі Володимир Миколайович Богаченко — к. т. н., доцент. Захистив кандидатську дисертацію «Удосконалення методів організації дорожнього руху на розв'язках автомобільних доріг». Викладав «Основи інженерної геодезії», «Економічні аспекти проектування в транспортному будівництві». Займав техніко-економічним обґрунтуванням проєктних рішень, вивчає економічні аспекти проєктування транспортного будівництва. Також працює як оцінювач, судовий експерт-автотехнік.

З 2000 р. до 2003 р працював на кафедрі к.т. н., доцент Сергій Леонідович Ігнатов. Кандидатську дисертацію «Удосконалення проектування мережі автомобільних доріг» він захистив у 1999 р. Протягом 5 років за сумісництвом обіймав посаду заступника декана дорожньо-будівельного факультету. Викладав дисципліни «Комп'ютерні технології в транспортному будівництві», «Автомобільні дороги». Вивчав проблеми впровадження сучасних комп'ютерних технологій при проектуванні та реконструкції автомобільних доріг. Є автором понад 100 наукових та навчально-методичних праць.

Зараз на кафедрі працюють висококваліфіковані викладачі.

Професор Анатолій Миколайович Пальчик займається проблемами запровадження сучасних методів проектування, капітального ремонту та реконструкції автомобільних доріг, організації дорожнього руху, удосконаленням методів паспортизації доріг. Під його керівництвом захистили кандидатські дисертації М. О. Олійник, Н. В. Неізвестна, Л.О. Довгополюк, О.Ю.Тимощук. Він є автором монографії «Транспортні потоки» (2010) та навчального посібника «Організація дорожнього руху» (2011), понад 200 наукових та навчально-методичних праць.

З 1974 р. на кафедрі викладає к. т. н., доцент Петро Петрович Дзюба. Протягом 1986–2006 рр. він за сумісництвом обіймав посаду заступника декана дорожньо-будівельного факультету. Викладає дисципліни «Проєктування вулиць та доріг населений пунктів», «Геодезія кадастрових робіт», «Геодезичне забезпечення міського господарства». У сфері наукових інтересів — дослідження особливостей проєктування автомобільних доріг у сучасний умовах, зокрема із врахуванням руху великогабаритних автомобілів, вивчення впливу транспортних потоків на довкілля. Є співавтором підручника «Проєктування поздовжнього профілю автомобільних доріг» (1990), більш ніж 200 наукових та навчально-методичних робіт. Автор більш ніж 200 наукових та науково-методичних праць.

З 1993 р. на кафедрі працює к. т. н., доцент, старший науковий співробітник Анна Ярославівна Хом'як. В 1983 р. захистила кандидатську дисертацію «Проєктування смуг для швидкісного руху на автомагістралях - під'їздах до крупних аєропортів». Викладає дисципліни «Планування міст і транспорт», «Геодезія», «Інженерна геодезія». Автор текстів лекцій з дисципліни «Планування міст і транспорт» (2013), навчального посібника «Інженерні вишукування у транспортному будівництві»

(2007), співавтором навчального посібника «Трасування при різних формах рельєфу» (2023). Сфера наукових інтересів – у дослідженні транспортних проблем розвитку міст, закономірностей руху транспортних потоків в різних дорожніх умовах та на вулично-дорожніх мережах. Є автором понад 200 наукових та науково-методичних праць.

З 2005 року після закінчення аспірантури на кафедрі працює Наталія Володимирівна Неізвестна, спочатку асистентом, з 2013 року на посаді доцента.

В 2012 році захистила дисертаційну роботу на здобуття наукового ступеня кандидата наук на тему «Удосконалення проектування кільцевої розв'язки на одному рівні». У 2017 р. закінчила Луганський національний аграрний університет (друга вища освіта) за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» та здобула кваліфікацію інженера з геодезії та землеустрою. Читає лекції з дисциплін «Супутникова геодезія», «GPS-технології», «Автомобільні дороги і залізниці». Вивчає проблеми впровадження сучасних геодезичних методів в дорожнє будівництво при вишукуваннях автомобільних доріг. Є співавтором навчального посібника «Трасування при різних формах рельєфу» (2023), має понад 100 наукових та навчально – методичних праць.

Довгополюк Людмила Олексіївна - к.т.н., доцент, працює на кафедрі з 2010 року після закінчення навчання в аспірантурі У 2015 році захистила дисертацію: «Удосконалення методу техніко-економічного обґрунтування типу дорожніх розв'язок в різних рівнях». Викладає дисципліни «Вишукування та проєктування автомобільних доріг»; «Електронні геодезичні прилади»; «Ландшафтна екологія». Вивчає питання удосконалення методів проєктування та реконструкції доріг в сучасних умовах. Автор понад 100 наукових та навчально – методичних праць.

Шуляк Іван Станіславович - к.т.н., доцент, працює на кафедрі від часу закінчення аспірантури. У 2017 р. закінчив Луганський національний аграрний університет (друга вища освіта) за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» та здобув кваліфікацію інженера з геодезії та землеустрою. У 2018 р. закінчив Луганський національний аграрний університет за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія» та здобув кваліфікацію інженера-дослідника з будівництва. У 2018 році захистив дисертаційну роботу на тему: «Удосконалення методів випробувань дорожніх конструкцій при діагностуванні автомобільних доріг». Викладає дисципліни «Фотограмметрія та дистанційне зондування Землі», «Вища геодезія», «Методи і засоби автоматизації великомасштабних топографічних зйомок». Вивчає питання деформаційних характеристик дорожніх конструкцій при різних умовах, удосконалення приладів для вивчення якості конструкцій. У 2021 р. обраний членом-кореспондентом Академії будівництва України . Автор понад 50 наукових праць.

Соловйова Наталія Петрівна - старший викладач кафедри. Викладає дисципліни «Топографічне креслення», «Землеустрій», «Картографія», «Землевпорядне проєктування». Вивчає питання удосконалення структури земель придорожніх зон. Є автором більше 40 наукових та навчально-методичних робіт.

У структурі кафедри - навчальні лабораторії, завідувачами яких є Віктор Дмитрович Чайчевський та Марія Йосипівна Ставська.

У травні 2023 року кафедра проєктування доріг, геодезії та землеустрою об'єднана з кафедрою аеропортів.

Кафедра аеропортів в НТУ створена наказом ректора університету № 174 від 26 червня 2002 р. Її завідувачем був призначений доктор технічних наук, професор М. М. Дмитрієв, який також обіймав

посаду проректора з наукової роботи НТУ- академік, головний вчений секретар Транспортної академії України, заслужений працівник народної освіти України.

Свою трудову діяльність Микола Миколайович розпочав з Київського інституту інженерів цивільної авіації, де пройшов шлях від аспіранта, молодшого наукового співробітника, старшого наукового співробітника до доцента.

З 1984 року Дмитрієв М.М. працював в НТУ на посадах професора, засновника та завідувача кафедри «Аеропорти», проректора, а з 2005 року - першим проректором – проректором з наукової роботи. Микола Миколайович створив наукову школу з теплової діагностики матеріалів та машин.

За багаторічну сумлінну працю, особистий внесок у розвиток транспортної науки та освіти України Дмитрієв Микола Миколайович нагороджений державними та галузевими нагородами, зокрема Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Заслужений працівник народної освіти України, академік Транспортної Академії України, нагороджений орденом “За заслуги” ІІІ ступеню.

Участь у формуванні кафедри аеропортів брали доктор техн. наук, професор, академік Транспортної академії України, Міжнародної академії інформатизації Олег Львович Петрашевський та канд. техн. наук, професор Інесса Анатоліївна Рутковська. До педагогічного колективу також ввійшли д-р техн. наук, професор, лауреат державних премій СРСР та України у галузі науки і техніки Олег Михайлович Папченко, д-р техн. наук, доцент Дмитро Олександрович Павлюк, канд. техн. наук, доценти Рамазан Абдулайович Хабутдінов, Анатолій Іванович Закревський, Олександр Володимирович Гусєв, Олександр Миколайович Кошарний, старший науковий співробітник Олег Борисович Деркачов та інші.

Кафедра аеропортів стала першим підрозділом Національного транспортного університету, основним завданням якого була підготовка і випуск дипломованих спеціалістів у сфері проектування, будівництва, реконструкції та експлуатації аеродромів і аеропортів цивільної авіації України. З моменту заснування вона вирізнялася своїм викладацьким колективом: тут завжди працювали і працюють висококваліфіковані науковці й педагоги (І.П. Гамеляк, О.Л. Петрашевський, І.А. Рутковська, доценти І. І. Попелиш, І.М. Вакарчук, асистенти – здобувані вчених ступенів А. В. Герасименко, О. В. Алєксєєнко, С. О. Корітчук).

На кафедрі була захищена докторська дисертація Р. А. Хабутдінова та чотири кандидатські (О.М. Панченка, Д.О. Павлюка, І.П. Гамеляка, І.А. Рутковської), а їхнім виконавцям присвоєні вчені звання професорів. В останні роки кандидатську дисертацію захистили В.Ф. Райковський, Т.І.Діаковська, О.В. Алєксєєнко Такий високий рівень кваліфікації викладачів дозволяє успішно виконувати навчальні плани з підготовки спеціалістів за 44 дисциплінами, основними з яких є: «Вишукування та проектування аеропортів», «Проектування автомобільних доріг і аеродромів», «Вертикальне планування аеродромів», «Технологія будівництва та експлуатації доріг і аеродромів», «Технологія будівництва та капітального ремонту аеродромів», «Експлуатація аеродромів», «Аеродромні покриття», «Механізація і автоматизація виробничих процесів аеропортів», «Водовідвідні та дренажні системи аеродромів», «Радіосвітлотехнічне обладнання аеропортів».

Окрім навчальної, на кафедрі проводиться активна науково-дослідна робота. У межах держбюджетних і госпдоговірних тем сформувалися такі наукові напрями: «Методи та засоби термометричної діагностики технічного стану аеродромів і автомобільних доріг», «Методологія концептуально-логічного відображення та проектного моделювання складних транспортних

організаційно-технічних систем», «Забезпечення надійності конструкцій дорожніх одягів і аеродромних покриттів».

З 2015 року кафедру аеропортів очолив доктор технічних наук, професор Гамеляк Ігор Павлович, який займається проблемами надійності дорожніх та аеродромних конструкцій та споруд.

Кафедра аеропортів стала першим підрозділом Національного транспортного університету, основним завданням якого була підготовка і випуск дипломованих спеціалістів у сфері проектування, будівництва, реконструкції та експлуатації аеродромів і аеропортів цивільної авіації України.

Доктор технічних наук, професор Гамеляк Ігор Павлович – завідувач об'єднаної кафедри «Системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії» з травня 2023 року.

Завданням об'єднаної кафедри «Системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії» є вирішення базових проблем транспортної інфраструктури (дорожньо – транспортного комплексу, аеропортобудування тощо) шляхом підготовки фахівців для системного проєктування, будівництва і експлуатації об'єктів транспортної інфраструктури (автомобільних доріг, міських вулиць та доріг, аеропортів та аеродромів), також для геодезичного забезпечення дорожнього проєктування та будівництва на усіх етапах життєвого циклу об'єктів транспортної інфраструктури. Окрім навчальної, на кафедрі проводиться активна науково-дослідна робота.

Системний аналіз передбачає розгляд проблем об'єктів транспортного проєктування у поєднанні досягнень математичних і прикладних наук.

В контексті стратегії розвитку НТУ місія кафедри формується в постійному та систематичному коректуванні професійних вимог щодо залучення фахівців, студентів університету до створення продукту системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури – конкурентоспроможного, захищеного патентом.

Унікальність кафедри "Системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії" НТУ полягає в синергетичному ефектів від залучення провідних фахівців експлуатації авіаційного транспорту, фахівців з будівництва автомобільних доріг, аеродромів та геодезії для вирішення нагальних проблем дорожньо транспортного комплексу та аеропортобудування. Висновки та рекомендації. Завданням об'єднаної кафедри є підготовка фахівців, здатних здійснювати комплексний підхід до процесу проєктування системи, що охоплює різноманітні аспекти її створення та функціонування. Цей підхід передбачає розгляд системи як цілісного утворення, яке складається із взаємодіючих підсистем та компонентів, ретельно враховуючи їх взаємодію та взаємозалежність, полягає у необхідності забезпечувати безпеку, екологічність, ефективність та раціональне використання ресурсів.

Вирішення поставлених задач ґрунтується на вивченні, об'єднанні та застосуванні попереднього досвіду, накопиченого на кафедрах «Проєктування доріг, геодезії та землеустрою» й «Аеропортів» із застосуванням сучасних методів та технологій в освітній та науково-дослідницькій діяльності.

Перелік посилань

1. Національний транспортний університет: сторінки історії. К.: НТУ, 2004. – 224 с.
2. Національний транспортний університет – К.: «Логос Київ», 2014. 360 с.
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/Даденков Юрій Миколайович.
4. Ляшенко Д.О., Хом'як А.Я. Павлюк Дмитро Олександрович. Енциклопедія Сучасної України (2023). https://esu.com.ua/article-880948.

HISTORY OF THE DEPARTMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS SYSTEM DESIGN AND GEODESY. PART 1. THE MAIN STAGES OF THE DEPARTMENT'S DEVELOPMENT.

Gameliak Igor, Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of Department of Transport Infrastructure Objects System Design and Geodesy, National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, +380503524124, https://orcid.org/0000-0001-9246-7561.
Pavlyuk Dmytro, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Transport Infrastructure Objects System Design and Geodesy, National Transport University, e-mail: ntupavlukd@gmail.com, +380672099378, https://orcid.org/0000-0003-4493-4238.
Khomiak Anna, PhD (Candidate of Technical Science) , Associate Professor, Associate Professor of Department of Transport Infrastructure Objects System Design and Geodesy, National Transport University, Kyiv, Ukraine, akhomjak@gmail.com, +380673990164, https://orcid.org/0000-0002-2483-8153.

Abstract. The basis of any branch of the national economy is educational and scientific factors, the development of which determines the level, efficiency of functioning, compliance with modern trends and challenges.
The National Transport University has created a joint Department of Transport Infrastructure Objects System Design and Geodesy, which combines the experience of educational and scientific activities of units that determine important areas of development of the road industry.
The ways of creating and developing the departments of road design, geodesy and airports, the corresponding scientific schools and achievements that are the basis for the successful further development of the new department are analyzed.
Keywords: transport infrastructure, road industry, history of the department, road design, geodesy, airports, research, scientific school.

References

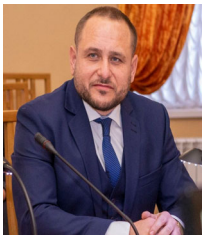
1. Natsional′nyy transportnyy universytet: storinky istoriyi. K.: NTU, 2004. – 224 s. [in Ukrainian].
2. Natsional′nyy transportnyy universytet – K.: «Lohos Kyyiv», 2014. 360 s. [in Ukrainian].
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/Dadenkov Yuriy Mykolayovych. [in Ukrainian].
4. Lyashenko D.O., Khom″yak A.YA. Pavlyuk Dmytro Oleksandrovych. Entsyklopediya Suchasnoyi Ukrayiny (2023). https://esu.com.ua/article-880948 [in Ukrainian].

УДК 528.4:332.3
UDC 528.4:332.3

DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-051-058

НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНА ПРАКТИКА ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»: НАПРЯМИ ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ

SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL PRACTICE IN THE SPECIALTY OF «GEODESY AND LAND MANAGEMENT»: DIRECTIONS AND FEATURES OF IMPLEMENTATION



Мамонов Костянтин Анатолійович, *доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com*

http://orcid.org/0000-0002-0797-2609



Нестеренко Сергій Григорович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформацій-них систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: nesterenkosg34@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0001-5124-9728



Радзінська Юлія Борисівна, *кандидат технічних наук, Доцент кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: radzinskayayb@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0002-1661-7975



Вяткін Роман Сергійович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: viatkinr@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0001-8807-9988



Гой Василь Васильович, *кандидат економічних наук, докторант кафедри економіки та маркетингу, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: vasssgoi@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-1822-4478

Анотація. Визначено, що актуальним завданням є підготовка високо кваліфікованого, конкурентоспроможного фахівця, науковця в сфері геодезії та землеустрою шляхом поглиблення та удосконалення теоретичних знань та практичних навичок, професійних вмінь за спеціальністю геодезія та землеустрій, формування здатності до проведення наукових досліджень та створення сучасних систем геопросторового забезпечення і землекористування із застосуванням, у тому числі напрямів та особливостей реалізації науково-педагогічної практики. У дослідженні досягнута мета відносно визначення напрямів та особливостей реалізації науково-педагогічної практики здобувачів на третьому освітньо-науковому рівні зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». У дослідженні вирішені завдання: характеристика існуючих підходів до проведення науково-педагогічної практики здобувачів на третьому освітньо-науковому рівні зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»; визначення особливостей реалізації освітньо-наукової практики.

Науково-педагогічна практика визначається особливостями її реалізації, що включає методи формування та підвищення педагогічної майстерності як багатоаспектного процесу, що реалізується через призму сукупності методів. Встановлена необхідність і важливість науково-педагогічної практики для здобувачів, оскільки її проведення дозволяє сформувати особистість, яка може реалізовувати складні освітні й наукові завдання у сфері геодезії, землеустрою, кадастру, використання геоінформаційних систем. При цьому формуються результати та застосовуються загальнонаукові та спеціальні методи дослідження.

Ключові слова: науково-педагогічна практика, здобувачі на третьому освітньо-науковому рівні, геодезія, землеустрій, кадастр, геоінформаційні системи, методи дослідження, освітня діяльність.

Вступ. Сучасна траєкторія забезпечення освітньої діяльності передбачає трансформацію та поглиблення практичних аспектів. При цьому на третьому освітньо-науковому рівні підготовки здобувачів зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» особливого значення має науково-педагогічна практика.

Представлена практика спрямована на розвиток професійних, дослідницьких, методологічних, аналітичних, світоглядних, педагогічних та комунікативних компетентностей у аспірантів щодо проведення викладацької роботи у закладах вищої освіти відповідно до фахової частини предметної області спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Цей розвиток охоплює поглиблення та закріплення знань аспірантів з питань організації і форм здійснення навчального процесу в вищих навчальних закладах в сучасних умовах; його нормативного, навчально-методичного та наукового забезпечення, формування вмінь і навичок розробки робочих програм та методичних матеріалів; опрацювання нормативно-правових, інформаційних та джерел при підготовці до занять та написання дисертаційної роботи; вивчення особливостей викладання дисциплін, що відповідають спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій», шляхом застосування активних методик викладання професійно-орієнтованих дисциплін, інноваційних освітніх технологій та набуття навичок креативного мислення до науково-педагогічних та дослідницьких завдань [1].

Науково-педагогічна практика представляє собою багатоаспектний процес, що включає: навчальну, методичну, науково-педагогічну, організаційну. Поряд з цим, ця багатоаспектність впливає на можливості та напрямів підготовки здобувачів. Проблемними залишаються питання розробки та застосування сучасних освітніх технологій здобувачами для проведення лекційних і практичних занять, узагальнення існуючого досвіду, участі у розробці навчально-методичних і дистанційних курсах.

Для реалізації освітньої діяльності у сфері здійснення науково-педагогічної практики сформовано нормативно-правове забезпечення: Закони України: Про освіту, Про вищу освіту; Постанови Кабінету міністрів України: Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти; Про особливості запровадження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими

здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти; Указ Президента України Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2021 року; Наказ МОН України Про затвердження Концепції розвитку педагогічної освіти.

Відповідно до Національної стратегії розвитку освіти в Україні визначені проблемні питання, що впливають на освітній процес: недостатня відповідність освітніх послуг вимогам суспільства, запитам особистості, потребам ринку праці; обмеженість доступу до якісної освіти окремих категорій населення (діти, які проживають у сільській місцевості, діти з особливими освітніми потребами, обдарована учнівська молодь, діти мігрантів); повільне здійснення гуманізації, екологізації та інформатизації системи освіти, впровадження у навчально-виховний процес інноваційних та інформаційно-комунікаційних технологій; недостатній рівень соціально-правового захисту учасників навчально-виховного процесу, відсутність цілісної системи соціально-економічних стимулів у педагогічних і науково-педагогічних працівників, невисокий рівень заробітної плати таких працівників; низький рівень фінансово-економічного, матеріально-технічного, навчально-методичного та інформаційного забезпечення навчальних закладів; слабка мотивація суспільства та бізнесу до інвестування освіти; наявність у системі освіти фактів неефективного використання фінансових і матеріальних ресурсів, нецільового використання приміщень навчальних закладів; відсутність системи мотивацій і стимулювання інноваційної діяльності в системі освіти, нівелювання ризиків у зазначеній діяльності; недостатній розвиток громадського самоврядування навчальних закладів, недосконалість механізмів залучення до управління освітою та її оновлення інституцій громадянського суспільства, громадськості [2].

Поглиблюють представлені проблемні питання внутрішні й зовнішні дисбаланси, регіональні диспропорції, вплив наслідків агресії РФ.

Таким чином, актуальним завданням є підготовка високо кваліфікованого, конкурентоспроможного фахівця, науковця в сфері геодезії та землеустрою шляхом поглиблення та удосконалення теоретичних знань та практичних навичок, професійних вмінь за спеціальністю геодезія та землеустрій, формування здатності до проведення наукових досліджень та створення сучасних систем геопросторового забезпечення і землекористування із застосуванням, у тому числі напрямів та особливостей реалізації науково-педагогічної практики.

Огляд існуючих теоретичних розробок. В існуючих наукових дослідженнях обґрунтовані теоретичні положення до визначення та формування напрямів реалізації практичних аспектів із науково-педагогічної практики. Зокрема, педагогічна практика характеризується як комплексний процес, в якому здобувачі третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти виконують відповідні завдання у межах освітньої програми; це багатогранний, органічний процес професійної, психолого-педагогічної та методичної підготовки майбутніх викладачів вищої школи, який дозволяє синтезувати теоретичні знання та практичний педагогічний досвід, теоретичну фахову підготовку аспіранта та майбутню викладацьку діяльність, а також створює можливості для формування готовності майбутніх науково-педагогічних працівників до проведення навчально-виховної роботи зі студентами, потреб здобувати і застосовувати нові теоретичні та методичні знання з одночасним засвоєнням педагогічного досвіду [3].

На функціональних напрямах реалізації науково-педагогічної практики, визначаючи прийоми навчання і виховання [4], технології дистанційного навчання та характеризуючи науково-дослідні роботи [5].

Визначено підхід до визначення науково-педагогічної практики, який характеризується поглибленням та закріпленням знань здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії (PhD) з питань організації і форм здійснення освітнього процесу в сучасних умовах, його наукового, навчально-методичного та нормативного забезпечення, формування вмінь і навичок опрацювання наукових та інформаційних джерел при підготовці до занять, застосування сучасних інноваційних освітніх технологій та активних методик викладання професійно-орієнтованих дисциплін за галуззю знань,

ефективному забезпеченню високопрофесійною підтримкою, встановленням на паритетних засадах постійного фахового взаємообміну між керівником практики та здобувачем [6].

Визначені функціональні аспекти реалізації науково-педагогічної практики:

– визначити функції, мету та завдання практики;
– скласти індивідуальний план проходження практики;
– ознайомитися з організаційною, науковою та навчально-методичною роботою кафедри, нормативно-правовою базою, що регламентує організацію освітнього процесу;
– відвідати заняття провідних викладачів кафедри та факультету;
– укласти розгорнуті план-конспекти занять, з подальшим їх обговоренням з науковим керівником / керівником практики від кафедри;
– підготувати необхідне методичне та дидактичне забезпечення з використанням інформаційно-комунікаційних технологій; провести згідно індивідуального плану на належному науково-методичному рівні для студентів занять (не менше 10) та заходів виховного (позааудиторного, профорієнтаційного) спрямування, засідання наукового гуртка/ проблемної групи;
– приймати активну участь в усіх засіданнях кафедри, наукових конференціях факультету і університету, наукових семінарах та конференціях в процесі проходження практики;
– підготувати звітні матеріали за підсумками проходження практики і надати їх керівнику практики з метою подальшої перевірки та оцінювання;
– обґрунтовано захистити результати практики у встановленому порядку [6].

Слід зазначити, що напрями та особливості здійснення науково-педагогічної практики представлені у розробках [7–8].

На можливостях застосування інноваційних технологій у сфері освітньої діяльності наголошується у розробках [9–10].

Метою дослідження є визначення напрямів та особливостей реалізації науково-педагогічної практики здобувачів на третьому освітньо-науковому рівні зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». У дослідженні вирішуються наступні завдання:

– характеристика існуючих підходів до проведення науково-педагогічної практики здобувачів на третьому освітньо-науковому рівні зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»;
– визначення особливостей реалізації освітньо-наукової практики.

Виклад основного матеріалу. Запропоновані напрями реалізації науково-педагогічної практики: вивчення нормативних документів, які регламентують організацію освітнього процесу у закладах вищої освіти; вивчення організаційних аспектів функціонування структурних підрозділів Університету; знайомство із системою навчально-виховної роботи кафедри, особливостями методичної, наукової та організаційної роботи викладачів кафедри; характеристика методів, форм та засобів навчання та контролю у вищій школі; знайомство з організацією виховної та позааудиторної роботи в академічній групі; виокремлення функціональних аспектів проведення фахової дисципліни за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій»; розробка та оновлення робочої програми навчальної дисципліни; розробка навчально-методичних матеріалів (план практичного заняття, де конкретизовано методологічні підходи, які будуть задіяні під час проведення заняття, а також послідовність здійснення навчально-методичної діяльності під час проведення заняття; підготовка методичного забезпечення; проведення аудиторних занять з обраної дисципліни, практичний блок яких реалізується практичним заняттям, а теоретичний блок – лекційним заняттям; забезпечення науково-дослідної діяльності у закладах вищої освіти [1].

Застосовуючи напрями реалізації науково-педагогічної практики, визначені результати, які отримані здобувачем (рис. 1).

Особливостями результатів науково-педагогічної практики є те, що теоретичну та методичну базу складають загальнонаукові методи: систематизації, порівняння, діалектичного розвитку систем, методології нормативно-правового й інформаційно-аналітичного забезпечення моніторингу використання земель регіонів.

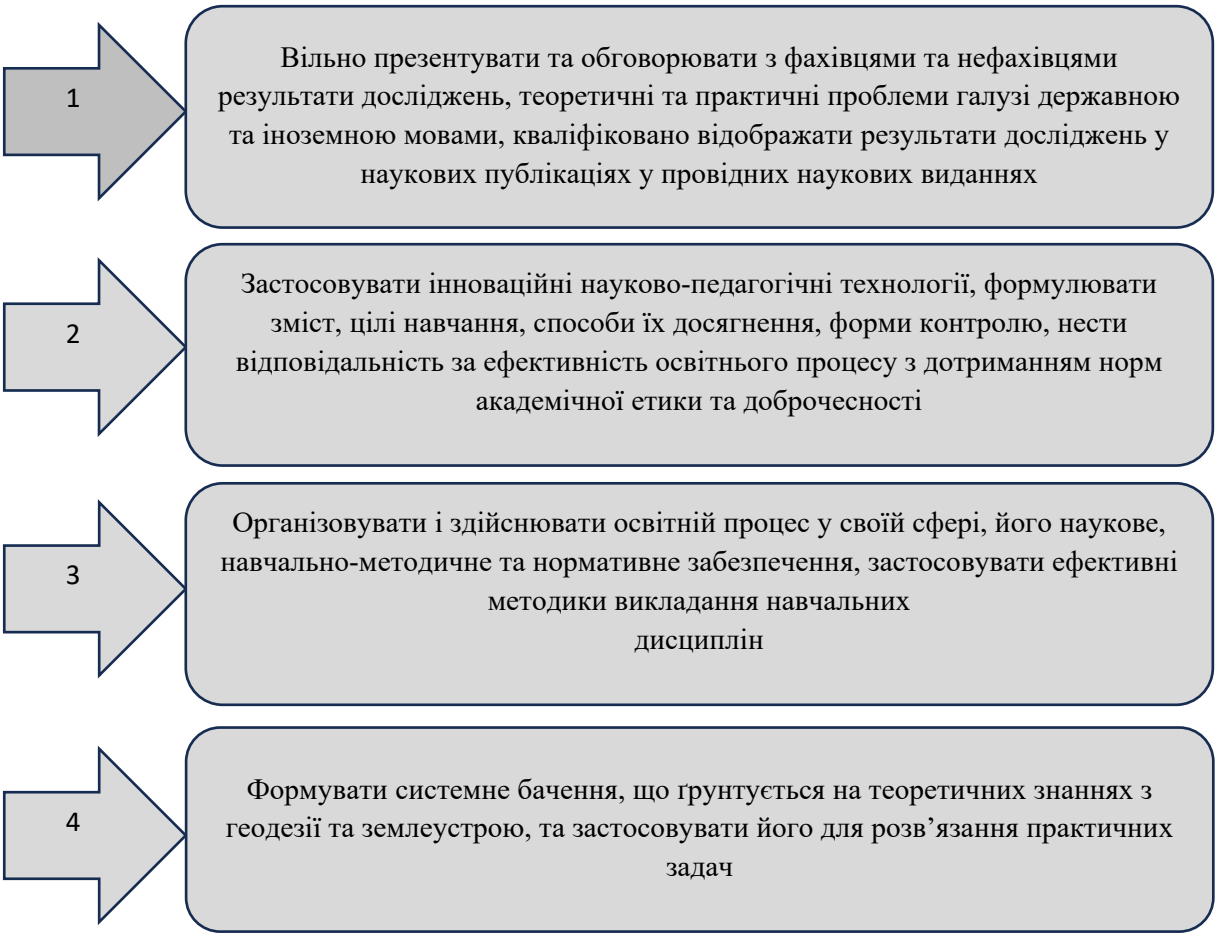


Рисунок 1 – Результати, які можуть бути отримані здобувачем за реалізацією науково-педагогічної практики

Figure 1 – Results that can be obtained by the applicant through the implementation of scientific and pedagogical practice

У процесі науково-педагогічної практики реалізовуються дослідницький, словесний, практичний наочний, дискусійний методи навчання. Характеристика представлених методів висвітлена у табл. 1.

Для отримання результатів дослідження застосовуються спеціальні методи, наприклад: структурно-змістовного аналізу – для формування понятійного апарату щодо визначення інформаційно-аналітичного забезпечення моніторингу використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів; аналітичних та методів експертного аналізу – для визначення показників рівня використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів; аналізу ієрархій – для визначення вагових коефіцієнтів, що характеризують взаємний вплив показників використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів; математичного моделювання – для розробки моделей, що визначають вплив системних чинників на інтегральний показник рівня використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів; нейронних мереж – для підтвердження повноти та достовірності результатів математичного моделювання; геоінформаційного аналізу – для розробки геоінформаційної моніторингової карти використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів.

Таблиця 1 – Характеристика методи навчання, які реалізуються у процесі науково-педагогічної практики

Table 1 – Characteristics of teaching methods implemented in the process of scientific and pedagogical practice

Назва методу	Характеристика
Дослідницький	спрямовується на організацію навчання через призму формування у здобувача навичок самостійно проводити дослідження у сфері геодезії, землеустрою, кадастру, застосування геоінформаційного моніторингу. Крім того, застосовуючи цей метод докторанти представляють результати досліджень у звіти та презентаціях.
Словесний	належать усне викладання знань (лекція, практичне заняття, пояснення, навчальна дискусія та ін.). У процесі проходження науково-педагогічної практики здобувач набуває навичок підготовки та проведення лекцій і практичних занять усне викладання систематизованих знань та обгрунтованих підходів у сфері геодезії, землеустрою, кадастру, використання геоінформаційних систем.
Практичний наочний	спрямований на використання презентаційних матеріалів для викладення основних результатів і положень, якими характеризується сфера геодезії, землеустрою, кадастру, використання геоінформаційних систем.
Дискусійний	визначаються обговорення результатів проведення лекційних та практичних занять, наукових досліджень у сфері геодезії, землеустрою, кадастру, використання геоінформаційних систем.

Висновки. Таким чином, науково-педагогічна практика визначається особливостями її реалізації, що включає методи формування та підвищення педагогічної майстерності як багатоаспектного процесу, що реалізується через призму сукупності методів. Встановлена необхідність і важливість науково-педагогічної практики для здобувачів, оскільки її проведення дозволяє сформувати особистість, яка може реалізовувати складні освітні й наукові завдання у сфері геодезії, землеустрою, кадастру, використання геоінформаційних систем. При цьому формуються результати та застосовуються загальнонаукові та спеціальні методи дослідження.

Перелік посилань

1. Інформаційна довідка з науково-педагогічної практики. https://gis.kname.edu.ua/images/ONP_2024/Obovazkovi/okInfDovid_OK8_PhD_plan24Mamonov.pdf
2. Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року. Указ Президента України від 25.06.2013 року № 344/2013. Документ 344/2013 від 25.06.2013. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013#Text
3. Педагогічна практика. Типова програма. КПІ Ім. Ігоря Сікорського. https://psy.kpi.ua/pedagog-practika/
4. Нагаєв В. М. Педагогіка вищої школи: Навчальний посібник. Х.: «Стильна типографія», 2019. 267 с.

5. Шапран О. І., Новак О. М. Педагогіка вищої школи: навч.-метод. посіб. Переяслав-Хмельницький: Домбровська Я. М., 2018. 280 с.

6. Положення про проведення науково-педагогічної практики здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти. Західноукраїнський національний університет МОН України. https://www.wunu.edu.ua/pdf/aspirantura/pologenya_naukovo-pedagogchnu-praktiku.pdf

7. Баранова Н. П. Тренінги для вчителів з педагогічної майстерності. Х.: Видавнича група «Основа», 2009. 159 с.

8. Ковальчук Л. О. Основи педагогічної майстерності: Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 608 с.

9. Усик С. Л., Богданович. Л. М. Інноваційні технології навчання: Методичні рекомендації. Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Волинської області, 2019. 22 с.

10. Волянський П. Б., Євсюков О. П., Михайлов В. М., Терент'єва А. В., Шихненко К. І. Організація та проведення занять із застосуванням інноваційних методів: Навч. Посібник. Київ: ІДУЦЗ, 2019. 131 с. http://lib.idundcz.dsns.gov.ua/weblib/books/Terentyeva%20A_V_/prakpornovtex.pdf

SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL PRACTICE IN THE SPECIALTY OF «GEODESY AND LAND MANAGEMENT»: DIRECTIONS AND FEATURES OF IMPLEMENTATION

Mamonov Kostiantyn A., Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, tel. +380992917354, http://orcid.org/0000-0002-0797-2609

Nesterenko Serhii G., Candidate of technical sciences, Associate professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: nesterenkosg34@gmail.com, tel.+ 380669291752, https://orcid.org/0000-0001-5124-9728

Radzinska Yuliia B., Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: radzinskayayb@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-1661-7975

Vyatkin Roman S., Candidate of technical sciences, docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: viatkinr@gmail.com, tel. +380950034439, https://orcid.org/0000-0001-8807-9988

Goi Vasyl V., PhD (Candidate of Economic Science), Doctoral Candidate at the Department of Economics and Marketing, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine, e-mail: vasssgoi@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1822-4478

Summary. It was determined that the current task is to train a highly qualified, competitive specialist, scientist in the field of geodesy and land management by deepening and improving theoretical knowledge and practical skills, professional skills in the specialty of geodesy and land management, forming the ability to conduct scientific research and create modern systems of geospatial support and land use with the application, including the directions and features of the implementation of scientific and pedagogical practice. The study achieved the goal of determining the directions and features of the implementation of scientific and pedagogical practice of applicants at the third educational and scientific level in the specialty 193 «Geodesy and land management». The study solved the following tasks: characterization of existing approaches to conducting scientific and pedagogical practice of applicants at the third educational and scientific level in the specialty 193 «Geodesy and land management»; determination of the features of the implementation of educational and scientific practice.

Scientific and pedagogical practice is determined by the features of its implementation, which includes methods of forming and improving pedagogical skills as a multifaceted process, which is implemented through the prism of a set of methods. The necessity and importance of scientific and pedagogical practice for applicants has been established, since its implementation allows forming a personality who can implement complex educational and scientific tasks in the field of geodesy, land management, cadastre, and the use of geographic information systems. In this case, results are formed and general scientific and special research methods are applied.

Keywords: scientific and pedagogical practice, applicants at the third educational and scientific level, geodesy, land management, cadastre, geographic information systems, research methods, educational activities.

References

1. Informational reference on scientific and pedagogical practice. https://gis.kname.edu.ua/images/ONP_2024/Obovazkovi/okInfDovid_OK8_PhD_plan24Mamonov.pdf [in Ukrainian].
2. On the National Strategy for the Development of Education in Ukraine for the Period Until 2021. Decree of the President of Ukraine. Document № 344/2013 dated 25.06.2013. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013#Text [in Ukrainian].
3. Pedagogical practice. Standard program. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. https://psy.kpi.ua/pedagog-practika/ [in Ukrainian].
4. Nagayev, V. M. (2019) Pedagogy of Higher Education: Textbook. Kh.: «Stylish Typography», 267 p. [in Ukrainian].
5. Shapran, O. I., Novak, O. M. (2018) Pedagogy of higher education: teaching and methodical manual. Pereyaslav-Khmelnytskyi: Dombrovska Ya. M., 280 p. [in Ukrainian].
6. Regulations on conducting scientific and pedagogical practice of higher education applicants for the degree of Doctor of Philosophy of the third (educational and scientific) level of higher education. Western Ukrainian National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine. https://www.wunu.edu.ua/pdf/aspirantura/pologenya_naukovo-pedagogchnu-praktiku.pdf [in Ukrainian].
7. Baranova, N. P. (2009) Trainings for teachers in pedagogical skills. Kh.: Publishing group «Osnova», 159 p. [in Ukrainian].
8. Kovalchuk, L. O. (2007) Fundamentals of pedagogical skills: Textbook. Lviv: Publishing center of Ivan Franko National University of Lviv, 608 p. [in Ukrainian].
9. Usyk, S. L., Bogdanovych, L. M. (2019) Innovative teaching technologies: Methodological recommendations. Educational and methodological center of civil protection and life safety of Volyn region, 22 p. [in Ukrainian].
10. Volyansky, P. B., Yevsyukov, O. P., Mykhaylov, V. M., Terentyeva, A. V., Shykhnenko, K. I. (2019) Organization and conducting classes using innovative methods: Training manual. Kyiv: IDUTSZ, 131 p. http://lib.idundcz.dsns.gov.ua/weblib/books/Terentyeva%20A_V_/prakpornovtex.pdf [in Ukrainian].

УДК 625.70 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-059-070**
UDC 625.70

ОСОБЛИВОСТІ ДОГЛЯДУ ЗА ТВЕРДІЮЧИМ ДОРОЖНІМ БЕТОНОМ ПРИ ВЛАШТУВАННІ МОНОЛІТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ Частина 1. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ДОГЛЯДІ

FEATURES OF CURING FOR HARDENED ROAD CONCRETE WHEN INSTALLING A MONOLITHIC CEMENT CONCRETE ROAD SURFACE PART 1. THEORETICAL STUDIES AND MATERIALS USED IN CURING



Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії , e-mail: gip65n@gmail.com., +380503524124,*

https://orcid.org/0000-0001-9246-7561.



Дмитриченко Андрій Миколайович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: andrew_d@ukr.net, +380502816006,*

https://orcid.org/0000-0001-6144-7533



Яценко Єгор Сергійович*, Національний транспортний університет, аспірант кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії, директор технічного департаменту ТОВ «Мапеі Україна», e-mail: e.yaschenko@mapei.com, +380503527237*

https://orcid.org/0009-0001-6970-532X

Анотація. Умови твердіння бетону є основними факторами, які впливають на досягнення експлуатаційних властивостей бетонних конструкцій. Оптимальні умови забезпечують умови для протікання гідратації цементного клінкеру, визначають швидкість набору міцності, знижують ймовірність утворення усадочних тріщин і утримують достатню кількість вологи в тілі бетону для підвищення стійкості до розтріскування. На практиці на багатьох будівельних об'єктах відношення за

доглядом твердіння бетону негативне. Температурно-вологісний режим для затвердіння бетону не передбачений. Гідратація цементного клінкеру може відбуватися тільки у вологих умовах і при наявності води в капілярах цементного каменю, необхідно створення підвищеної вологості для затвердіння бетону, щоб запобігти втраті вологи через випаровування. Оптимальний тепловологісний режим твердіння бетону сприяє зменшенню пористості гідратованого цементного каменю, зменшує розмір пір і їх форму, збільшує щільність мікроструктури бетону.

Ключові слова: монолітний цементобетон, дорожній покрив, догляд, твердіння, гідратація, температурно-вологісний режим

Вступ. Під доглядом за цементобетоном розуміють **к**омплекс заходів, спрямованих на захист від несприятливого впливу на нього зовнішнього середовища, а також створення раціональних температурно-вологісних умов твердіння цементобетону та на його захист від впливу як зовнішніх агресивних чинників навколишнього середовища, так і від внутрішніх процесів структуроутворення в цементобетоні, які можуть призвести до тріщиноутворення та подальшої втрати експлуатаційних властивостей покриву. Від якісного проведення догляду за дорожнім цементобетоном залежать його експлуатаційні характеристики

В процесі твердіння цементобетону продукти гідратації заповнюють міжпоровий простір, що в кінцевому підсумку позитивно позначається на експлуатаційних властивостях цементобетону, навіть при використанні конструкцій в агресивних середовищах. Цемент змішується з водою і в результаті фізико-хімічних реакцій цементобетон твердне. Процес займає досить багато часу, так як вода не проникає в усі частинки цементу одночасно. Він заповнює їх поступово, тому дуже важливо своєчасно доставити та укласти бетон. У спекотну погоду вода випаровується і процес затвердіння припиняється, а якщо вологи в розчині буде недостатньо, на поверхні конструкції з'являться капілярні пори і усадочні тріщини. Нормальні умови для твердіння бетону припускають температуру навколишнього середовища, близьку до 20ºС, і відносну вологість повітря менше 90 … 100%. При таких показниках процес твердіння бетону йде стрімко, вже на сьомий добу і конструкції він набирає 70% від нормативної міцності, а на 28-й добу повністю відповідає всім проектним показникам. Температура затвердіння бетону має вирішальний вплив на час, який займає процес. Чим вона прохолодніша, тим більше часу знадобиться для затвердіння конструкції, а якщо термометр нижче 0ºС, процес практично зупиниться.

Втрата вологи з цементобетону, що твердіє, може бути обумовлена різними чинниками, які включають погодно-кліматичні, матеріалознавчі та технологічні аспекти.

Погодно-кліматичні чинники: *Температура.* Висока температура може сприяти висиханню цементобетону та прискорювати процес витягування вологи з матеріалу.

Відносна вологість повітря. Низька вологість повітря може призвести до швидкого випаровування вологи з поверхні цементобетону, що впливає на його властивості.

Опади. Довготривалі опади або вологі умови можуть сприяти повільному висиханню цементобетону.

Матеріалознавчі та технологічні чинники: *Склад цементобетонної суміші та співвідношення води та цементу* (В/Ц). Надмірна кількість води у змішуваній цементобетонній суміші може призвести до додаткової втрати вологи під час твердіння.

Спосіб змішування та укладання. Використання несприятливих технологічних методів змішування або нанесення цементобетону може призвести до нерівномірного розподілу вологи та її витрати.

Умови догляду чи зберігання. Умови догляду та зберігання при твердінні цементобетону грають важливу роль у збереженні вологи. Наприклад, у теплих кліматичних умовах або при високій температурі може бути необхідно вживати заходи для утримання вологи протягом процесу тверднення.

Використання добавок. Добавки до цементобетону, такі як ретардери або пластифікатори, можуть впливати на швидкість висихання та втрату вологи.

Важливо враховувати ці чинники при проектуванні та виконанні будівельних робіт для забезпечення оптимальних умов для твердіння цементобетону та уникнення надмірної втрати вологи.

Для зменшення випаровування при температурі твердіння бетону вище 25 - 30 °С, можна застосувати кілька методів та матеріалів:

1**. Водозатримуючі покриття:** Використання водозатримуючих покриттів або мембран, які наносяться на поверхню цементобетону після укладання, може допомогти утримувати вологу всередині бетону, запобігаючи її випаровуванню.

2. Заповнювачі, домішки та добавки: Використання мікросиліки, летючої золи, або інших пуцоланових матеріалів може покращити щільність та зменшити пористість бетону, знижуючи таким чином випаровування.

3. Вологозатримуючі добавки: Добавки, що утримують воду (наприклад, суперпластифікатори), можуть збільшити легкоукладальність цементобетону без необхідності додавання додаткової води.

4. Процеси укладання та догляду: Підвищення обережності під час укладання та догляду за бетоном у спекотну погоду, включаючи використання затінюючих конструкцій, регулярне зволоження бетону, та уникнення укладання бетону у найспекотніші години дня.

5. Ізоляційні матеріали: Використання ізоляційних прошарків (геотекстилів) або плівок, які можуть зменшити швидкість випаровування води з бетону, забезпечуючи більш стале та контрольоване твердіння.

Ці методи та матеріали можуть бути використані окремо або в комбінації, залежно від конкретних умов будівельного проекту, для оптимізації процесу твердіння бетону при високих температурах.

Мета роботи: встановлення впливу основних факторів, що визначають випаровування вологи при твердінні цементобетону в дорожньому та аеродромному покритті та обґрунтування вимог та ефективності методів догляду за твердіючим цементобетоном.

Виклад основного матеріалу дослідження і отриманих результатів. Основними факторами, що прискорюють випаровування на поверхні свіжого бетону, є кліматичні, такі як низька відносна вологість, висока температура, висока швидкість вітру або сонячні промені. Випаровування відбувається, коли теплова енергія, подібна до сонячних променів, впливає на рідину або тиск на поверхні рідин менший, ніж тиск всередині рідини. Випаровування відбувається, коли активні молекули води віддаляються від рідини. Випаровування прискорюється, якщо є вітер, що забезпечує безперервний рух молекул води. З іншого боку, якщо температура поверхневих вод знижується, випаровування сповільнюється. Необхідно знати, яка градус температури води на поверхні, щоб встановити різницю тиску між водною поверхнею і повітрям. За температуру бетону приймається

температура води, що висихає [1]. Формула, яку Дальтон надав для основних ознак випаровування ще в 1802 році, показана за формулою (1).

$$E = (e_o - e_a) f(u). \quad (1)$$

У цьому рівнянні $E = (e_o - e_a)$ і $f(u)$ визначаються відповідно швидкістю випаровування, різницею тиску і функцією вітру (Dalton, 1802) [2]. У 1950–1952 рр. широкомасштабні дослідження проводилися навколо озера Хефнер. У результаті цих досліджень формула (2) була введена Келером.

$$E = (e_o - e_a)^{0,88} (0,37 + 0,0041u). \quad (2)$$

E - швидкість випаровування; u - швидкість вітру; і $(e_o - e_a)$, різниця тисків визначається відповідно як см/доба, км/доба і см/рт.ст. (Kohler, 1955) [3]. Менцель отримав формулу (3) за допомогою формули Колера.

$$E = 0,44(e_o - e_a)(0,253 + 0,096v). \quad (3)$$

У цій формулі *E* визначається, як маса води, яка випаровується з поверхні 1 фут^2 за 1 год (фунт/фут^2/год); e_o вказує на тиск пари на поверхні, при випаровуванні (psi); e_a визначається, як тиск пари від погоди (psi); а *v* - швидкість вітру, яка вимірюється на 50 см вище від поверхні випаровування, миля/год. Числа формули (3) визначені Менцелем в Portland Cement Association (PCA) в 1954 році (Menzel, 1954) [4]. Ця формула для випаровування, відома як рівняння Менцеля. Необхідно знати тиск пари, щоб визначити швидкість випаровування за цими формулами. У 1960 році Блум вказує на температуру, яка вимірюється в бетоні, і відносну вологість повітря як змінні, тому він знаходить рішення цієї проблеми. Це рішення знайшло своє місце в Національній асоціації готових бетонних сумішей (NRMCA) у вигляді монографії (Bloem, 1960) [3].

Уно надає формулу (4), використовуючи змінні температури бетону і повітря без підрахунку тиску пари, беручи до уваги рівняння Менцеля.

$$E = 5\left([Tc + 18]^{2,5} - r.[Ta + 18]^{2,5}\right)(v + 4)10^{-6}, \quad (4)$$

де *E* - швидкість випаровування, з кг/м^2/год;

T_c - температура бетону, °С; T_a - температура повітря,

°С; *r* - коефіцієнт відносної вологості повітря, %;

v - швидкість вітру, км/год наведені в цій формулі [1, 6].

Швидкості випаровування, розраховані за цими формулами, дають різні значення в порівнянні з результатами експерименту.

Як випливає з формул, чинниками навколишнього середовища, які відіграють роль у випаровуванні, є температура повітря, відносна вологість, швидкість вітру і температура поверхні води (бетону).

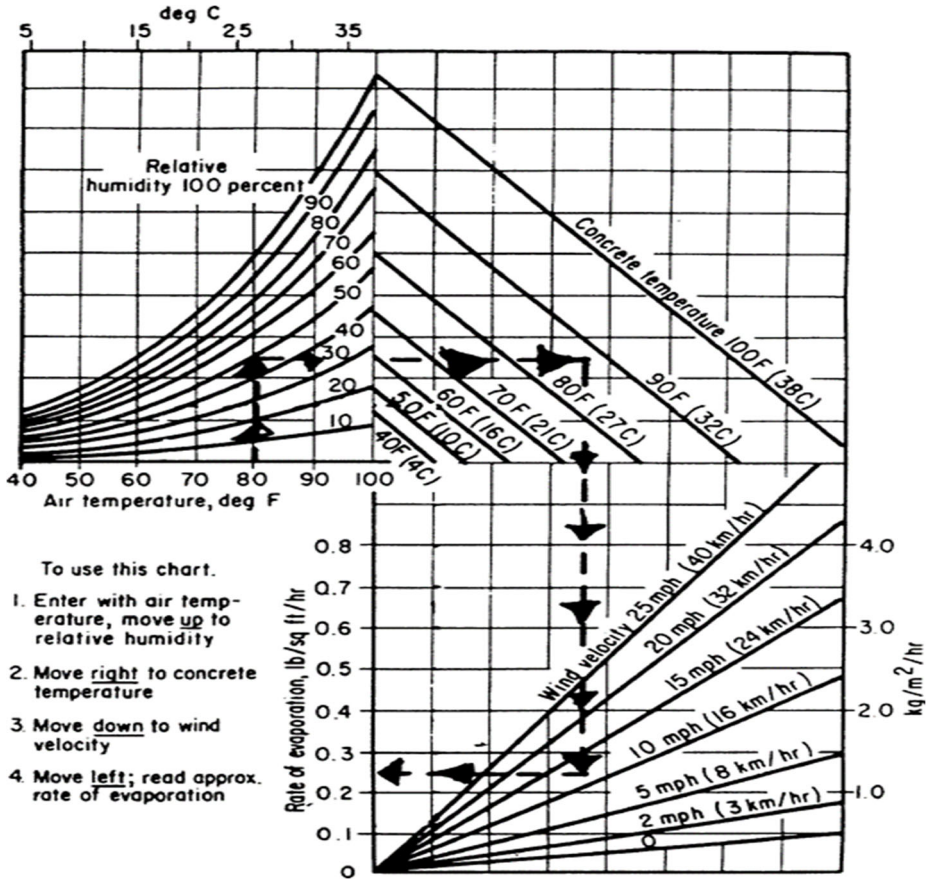


Рисунок 1 – Номограма визначення кількості води, що випаровується з бетону згідно ACI 308.[4] (за даними Американського інституту бетону)

Figure 1 – Nomogram for determining the amount of water evaporated from concrete according to ACI 308.[4] (according to the American Concrete Institute)

Передбачення ймовірного висихання при твердінні цементобетону дорожнього покриву.

Важливо вміти передбачати ймовірні умови висихання відразу після улаштування дорожнього покриву, щоб визначити, чи може бути втрачена вода, що перевищує кількість води, яка використана при приготуванні суміші, що робить бетон вразливим до утворення температурно усадочних тріщин.

Номограма ACI 308 отримана в результаті обробки експериментальних результатів, за допомогою якої можливо визначити кількість випареної з бетону води в залежності від вищеназваних чинників.

На рис. 1 наведена номограма побудована за формулою, наведеною в роботі [4]. Ця формула запрограмована в електронну таблицю EXEL для спрощення розрахунку.

$$ER = 4,88\left[0,1113 + 0,04224\frac{WS}{0,447}\right](0,0443)(e^{0,0302(CT\cdot 1,8)+32}) - \\ -\left[\left(RH/100\right)\left(e^{0,0302(AT\cdot 1,8)+32}\right)\right], \quad (5)$$

де, ER – швидкість випаровування (кг/м^2/год);
WS – швидкість вітру (м/с);
CT – температура бетону (°С);
AT – температура повітря (°С);
RH – відносна вологість повітря (%).

Якщо в жаркий період року відбувається передчасне висихання бетону, мають місце усадочні деформації, що супроводжуються утворенням в бетоні тріщин, підвищенням проникності по відношенню до газів та води.

У реальних умовах бетонування на швидкість випаровування води з поверхні цементобетону впливає його власна температура, вологість і температура повітря, швидкість повітряних потоків (вітер).

Наскільки серйозною є проблема передчасного висихання бетону, демонструє наступний приклад: 1 м^3 свіжевиготовленої бетонної суміші містить 180 л води, тобто в шарі товщиною 1 см на площі 1 м^2 міститься 18 л води. Кількість випареної води в певних умовах за даними номограми складає 0,6 л/м^2 г. Це означає, що протягом 3 год випаровується така кількість води, яка міститься в шарі бетону товщиною 1 см. Саме в такому шарі фіксується утворення усадочних тріщин.

Нерідко при високих температурах навколишнього середовища доцільно використовувати в бетонах шлакопортландцементи з високим вмістом шлаку.

Наступна формула дає метод оцінки втрат від випаровування з вологої поверхні на основі методу прогнозування швидкості випаровування зі свіжої відкритої бетонної поверхні. Це оцінка виконується на основі врахування відносної вологості, температури матеріалу, температури повітря та швидкості вітру.

$$E_v = (0,055+0,014\ B)\ [(0,617+\ 0,063P)^2 - 0,9\times e\text{^}\{-6,03\ +1,33\ ln(H)+\ T\times 0,114\ H.-0,14\}]; \quad (6)$$

де E_v - швидкість випаровування в л/м^2;
H - відносна вологість навколишнього повітря у %;
T -температура навколишнього повітря в С°;
P - температура поверхні покриття в С°;
V - швидкість вітру в км/год;
e = 2,7183.

Наприклад, при температурі повітря 35°С, температурі покриття 35°С і швидкості вітру 30 км/год втрати на випаровування 10 л/м^2 відбудуться за 3-4 години (рис. 2 – 3). Для шару покриття товщиною 150 мм з ОМЦ 12% така втрата зменшить вміст вологи на 2% (або 17% ОМЦ). Цей розрахунок ігнорує інші втрати, наприклад, проникнення вологи в нижній шар покриву або підлоги.

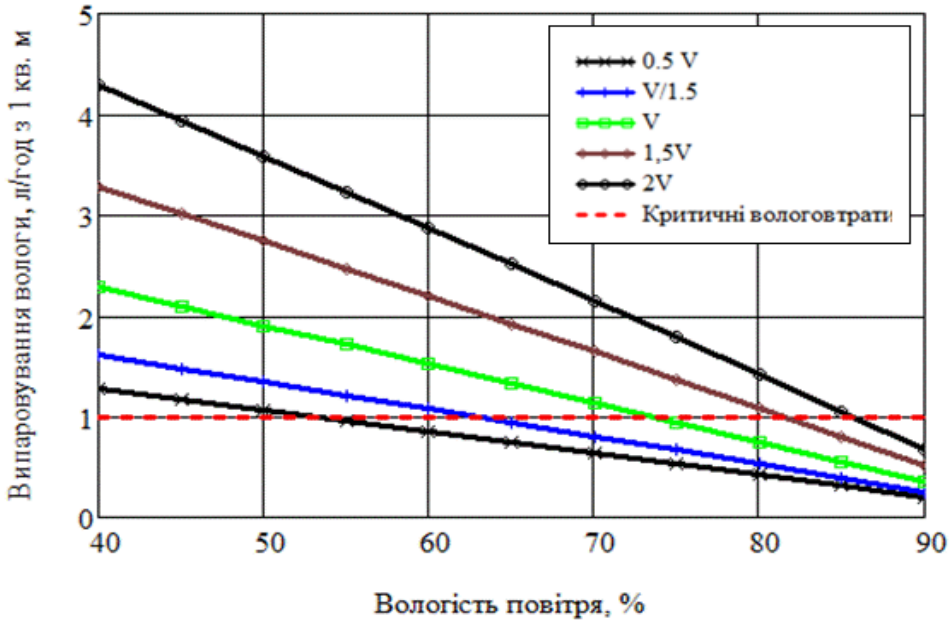


Рисунок 2 – Залежність втрати на випаровування вологи з 1 кв. м бетонної поверхні від вологості повітря при зміні швидкості вітру від 0,5 V до 2 V

Figure 2 – Dependence of loss on evaporation of moisture from 1 sq. m of the concrete surface from air humidity when the wind speed change from 0.5 V to 2 V

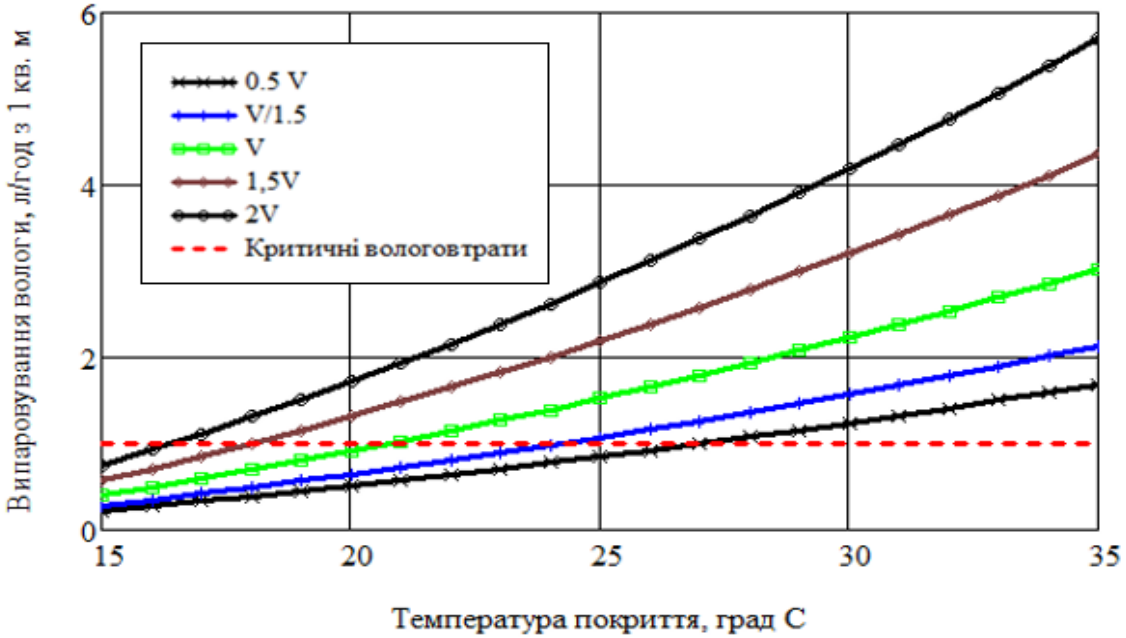


Рисунок 3 – Залежність втрати на випаровування вологи з 1 кв. м бетонної поверхні від температури покриття при зміні швидкості вітру від 0,5 V до 2 V

Figure 3 – Dependence of loss on evaporation of moisture from 1 sq. m of concrete surface from the coating temperature when the wind speed changes from 0.5 V to 2 V

Вимоги до матеріалів. При будівництві цементобетонних покривів найбільше поширення мають водозатримувальні покриття у вигляді емульсії та рідкі плівкоутворювальні суміші, які використовуються на бетонних поверхнях для зменшення втрат води протягом раннього періоду затвердіння. Білі пігментаційні сполуки, що утворюють плівку, служать для зменшення підвищення температури в бетоні, що піддається впливу сонячних променів. Плівкоутворювальні склади, підходять для використання в якості утримуючого агента для свіжого бетону, а також можуть використовуватися для подальшого утримання бетону після розпалубки або після вологого початкового затвердіння.

Плівкоутворювальні речовини – це рідкі речовини, що розподіляються по поверхні свіжоукладеного та ущільненого цементобетону для створення водонепроникної паропроникної плівки для забезпечення сприятливих умов твердіння цементобетону за рахунок зменшення випаровування вологи з його поверхні. Розрізняють плівкоутворювальні матеріали на основі: дисперсії парафінових восків, водної дисперсії акрилатів та на основі органічних розчинників.

У табл. 1 наведено технічні дані (типові значення) типових плівкоутворювальних матеріалів, що використовуються при догляді за цементобетонними покриттями в дорожньому будівництві.

Таблиця 1 – Технічні дані (типові значення) плівкоутворюючих матеріалів для догляду за бетоном

Table 1 – Technical data (typical values) of film-forming materials for concrete care

№	Властивості	Од. виміру	Вимоги			
1	2	3	4	5	6	7
	Матеріал		Sika® NB 1	Sika® Antisol 101 NB	Mapecure E	Emcoril Protect H
1	Однорідність	-	рідина	рідина	рідина	рідина
2	Колір	-	білий	білий	білий	білий
3	Густина при 20 °С	г/см^3	від 0,990 до 1,000	від 0,980 до 1,000	0,93 ± 0,03 при +20°С	близько 1
4	Значення pH	-	від 4,0 до 6,0	від 7,7 до 9,7	> 9	близько 8,5
5	Умовна кількість сухої речовини	% (м/м)	від 6,5 до 8,5	від 9,8 до 11,8	> 50	-
6	В'язкість	с	від 11,0 до 13,0	від 9,0 до 11,0	< 70 (+23°С) по Брукфілду	13
7.	Температура використання	°С.	основи вище +1	основи вище +1	від +5°С до +30°С	від +5°С до +30°С
8.	Витрати	г/м^2	від 100 до 300	від 100 до 300	150 – 200	150 – 200
9.	Час висихання	год.	≤ 4	≤ 4	2 - 3	≤ 4,5
		-	парафінова емульсія	парафінова емульсія	водна емульсія спеціальних смол	полімерна дисперсія на водній основі
10.	Основна дія:	-	засіб для догляду за бетоном	кондиціонер для бетону	захист поверхні бетону від швидкого випаровування вологи	

При догляді за цементобетонними покривами автомобільних доріг та аеродромів застосовується також плівкові та листові матеріали для запобігання втрати вологи, зменшення підвищення температури бетону, що піддається впливу сонячного випромінювання. Поширення набули такі види: водонепроникний папір (звичайний та білий), поліетиленова плівка (прозора та біла непрозора), мішковина з поліетилену білого кольору, геотекстильні матеріали, які відповідають вимогам AASHTO: M 171-87 [5].

Листові матеріали - спеціальні покриття, які використовуються для захисту свіжоукладеного цементобетону від негативного впливу зовнішнього середовища, що може вплинути на процес його твердіння. Вони допомагають забезпечити оптимальні умови для гідратації цементу, запобігаючи втраті вологи, надмірному висиханню, перепадам температур та забрудненням.

Вимоги до фізичних характеристик листових матеріалів зведені в таблицю 2. Для окремих видів визначені такі додаткові вимоги:

Водонепроникний папір повинен складатися з двох аркушів крафт-паперу, скріплених між собою бітумним матеріалом, в які вплетені мотузки або нитки волокна в обох напрямках на відстані не більше 1,25 дюйма (32 мм) один від одного. Папір повинен бути світлого кольору, не мати видимих дефектів і повинен мати такий же зовнішній вигляд. Білий папір повинна мати білу поверхню хоча б з одного боку.

Поліетиленова плівка повинна складатися з одного листа з чистого полімеру без подряпин і нашарувань, за винятком білих барвників, якщо сама плівка непрозора. Вона повинна бути без видимих дефектів і мати однаковий зовнішній вигляд. Плівка прозорого типу повинна бути досить прозорою.

Біла поліетиленова мішковина повинна складатися з мішковини вагою не менше 10 унцій/погонний ярд, шириною 40 дюймів (305 г/м^2), просоченої, з одного боку, білим непрозорим поліетиленом товщиною 0,004 дюйма (0,01 мм), як визначено в табл. 2.

Таблиця 2 – Вимоги до фізичних властивостей листових матеріалів для догляду за бетоном

Table 2 – Requirements for the physical properties of sheet materials for concrete care

Тип матеріалу листа	Номінальна товщина мм	Втрати вологи, не більше, г/см^2	Міцність на розрив, не менше				Відносне подовження, min %		Відбивна здатність, min %
			кН/м ширини		МПа				
			Напрямок руху машини	Напрямок перетину	Поздовжній напрямок	Поперечний напрямок	Поздовжній напрямок	Поперечний напрямок	
Водонепроникний папір									
Звичайно	-	0,055	5,25	2,62	-	-	-	-	-
Білий	-	0,055	5,25	2,62	-	-	-	-	50 [A]
Поліетиленова плівка									
Прозорі	0,10 [B]	0,055	-	-	11,7	8,3	225	350	-
Білий	0,10 [B]	0,055	-	-	11,7	8,3	225	350	70
Мішковина з поліетилену білого кольору									
	[C]	0,055	-	-	[C]	[C]	[C]	[C]	70 [Д]

[A] Вимірюється по білій стороні. [B]Товщина в будь-якій точці не повинна бути менше 0,075 мм.
[C] Дивись параграф 5.1.3 - Фізичні вимоги до мішковини та поліетилену. [D] Вимірюється на поліетиленовій стороні листового матеріалу.

Висновки

Догляд за твердіючим цементобетоном важливий завершальний етап в технології влаштування шарів від якого залежить якість та довговічність дорожнього та аеродромного покриву. Встановлено вплив погодно-кліматичних чинників на випаровування вологи із бетону.

Надано вимоги для плівкоутворювальних та листових матеріалів для догляду за твердіючим цементобетоном. Як матеріали для догляду за твердіючим цементобетонним покривом можуть застосовуватись плівкоутворювальні паропроникні матеріали на основі водної дисперсії парафінів, на основі водної дисперсії акрилатів або на основі органічних розчинників, а також листові матеріали.

Плівкоутворювальні паропроникні матеріали для догляду за твердіючим цементобетоном повинні відповідати таким вимогам:

- створювати суцільну плівку, що має достатню вологоутримувальну здатність і зчеплення з цементобетоном впродовж не менше 7 діб;
- обмежувати втрату вологи з поверхні покриву не більше ніж 0,55 кг/м2 за 72 години згідно ASTM C156;
– коефіцієнт ефективності водоутримування має складати не менше 70% за 72 години згідно ДСТУ CEN/TS 14754-1:2022;
– період формування плівки за температури повітря плюс 20 °С не повинен перевищувати 1 год;
– плівка повинна мати колір світлих тонів.

Виконано порівняння найбільш поширених плівкоутворювальних речовин, що використовуються в технології цементобетону на сьогодні в Україні.

Доцільно в подальшому впровадженню норм AASHTO: M 148 – 91 (ASTM: C 309 – 03), AASHTO: M 171-87 та ASTM C 156 – 03 в практику будівництва дорожніх та аеродромних покривів.

Перелік посилань

1. Uno P.J. Plastic shrinkage and evaporation formulas. ACI Mater J 95. 1998. P.P. 365–375.
2. Topçu İ.B. Raising of water and evaporation from freshly placed concrete surface. ICCE 12, twelve international conferences on composites or nano engineering, Tenerife. 2005.
3. Topçu İ.B., Elgün V.B. Influence of concrete properties on bleeding and evaporation. Cem Concr Res 34. 2004. 275–281
4. Berhane Z Evaporation of water from fresh mortar and concrete at different environmental conditions. ACI J Proc 81. 1984. P.P. 560–565.
5. Hasanain GS, Khalaf TA, Mahmood K Water evaporation from freshly placed concrete surfaces in hot weather. Cem Concr Res 19. 1989. P.P. 465–475.
6. Elgün V.B. Influence of concrete properties on bleeding and evaporation. M.Sc. Thesis, Osmangazi University, Science Institute, Eskişehir. 2003.
7. Öztekin E., Özkul M.H. The effect of concrete composition and environmental conditions on plastic shrinkage. In: Proceedings of the national concrete congress, İstanbul, vol 3. 1994. P.P. 163–74.

8. Saman T.A., Mirza W.H., Wafa F.F. Plastic shrinkage cracking of normal and high strength concrete: a comparative study. ACI Mater J 93. 1996. P.P. 36–40.
9. Almusallam AA, Maslehuddin M, Abdulwaris M, Dakhil FH, Al-Amoudi OSB. 1999.
10. Plastic shrinkage cracking of blended cement concretes in hot environments. Mag Concr Res 51: 1999. P.P. 241–246.
11. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
12. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань.
13. ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016 Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу.
14. AASHTO: M 148 – 91 (ASTM: C 309 – 03) Стандартна специфікація. Рідкі сполуки, що утворюють плівку для догляду за бетоном при твердінні.
15. AASHTO: M 171-87 Стандартна специфікація. Листові матеріали для затвердіння бетону. Позначення AASHTO: M 171-87.
16. ASTM C 156 – 03. Стандартний метод випробування для утримання води матеріалами для твердіння бетону.

FEATURES OF CURING FOR HARDENED ROAD CONCRETE WHEN INSTALLING A MONOLITHIC CEMENT CONCRETE ROAD SURFACE. Part 1. Theoretical studies and materials used in curing.

Gameliak Igor P., Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «System design of transport infrastructure objects and geodesy», National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, +380503524124, http://orcid.org/0000-0001-9246-7561
Dmytrychenko Andij M., Candidate of Engineering Sciences, associate professor of department transport law and logistic, National Transport University, e-mail: andrew_d@ukr.net, +380502816006, http://orcid.org/0000-0001-6144-7533
Yashchenko Yehor S., graduate student of department System design of transport infrastructure objects and geodesy, National Transport University, head of technical department Mapei Ukraine Llc, e-mail: e.yaschenko@mapei.com, +380503527237

Annotation. Concrete hardening conditions are the main factors affecting the achievement of operational concrete structures properties. Optimal conditions provide conditions for the cement clinker hydration, rate determine of strength gain, reduce the probability of formation shrinkage cracks, and retain a sufficient amount of moisture in the concrete body to increase cracking resistance. In practice, on many construction sites, the ratio of maintenance to concrete hardening is negative. There is no temperature and humidity regime for concrete hardening. Cement clinker hydration can only occur in wet conditions and if there is water in the capillaries of cement stone, it is necessary to create high humidity for concrete hardening to prevent moisture loss due to evaporation. The optimal heat-moist concrete hardening mode helps to reduce the porosity of hydrated cement stone, reduces the pores size and their shape, and increases of concrete microstructure density.
Keywords: cement concrete, road pavement, curing, hardening, hydration, temperature-humidity regime.

References

1. Uno P.J. Plastic shrinkage and evaporation formulas. ACI Mater J 95. 1998. P.P. 365–375.
2. Topçu İ.B. Raising of water and evaporation from freshly placed concrete surface. ICCE 12, twelve international conferences on composites or nano engineering, Tenerife. 2005.

3. Topçu İ.B., Elgün V.B. Influence of concrete properties on bleeding and evaporation. Cem Concr Res 34. 2004. 275–281

4. Berhane Z Evaporation of water from fresh mortar and concrete at different environmental conditions. ACI J Proc 81. 1984. P.P. 560–565.

5. Hasanain GS, Khalaf TA, Mahmood K Water evaporation from freshly placed concrete surfaces in hot weather. Cem Concr Res 19. 1989. P.P. 465–475.

6. Elgün V.B. Influence of concrete properties on bleeding and evaporation. M.Sc. Thesis, Osmangazi University, Science Institute, Eskişehir. 2003.

7. Öztekin E., Özkul M.H. The effect of concrete composition and environmental conditions on plastic shrinkage. In: Proceedings of the national concrete congress, İstanbul, vol 3. 1994. P.P. 163–74.

8. Saman T.A., Mirza W.H., Wafa F.F. Plastic shrinkage cracking of normal and high strength concrete: a comparative study. ACI Mater J 93. 1996. P.P. 36–40.

9. Almusallam AA, Maslehuddin M, Abdulwaris M, Dakhil FH, Al-Amoudi OSB. 1999.

10. Plastic shrinkage cracking of blended cement concretes in hot environments. Mag Concr Res 51: 1999. P.P. 241–246.

11. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo.

12. DSTU B V.2.7-114-2002 Sumishi betonni. Metody vyprobuvan.

13. DSTU-N B V.2.3-36:2016 Nastanova z vlashtuvannia zhorstkoho dorozhnoho odiahu.

14. AASHTO: M 148 – 91 (ASTM: C 309 – 03) Standartna spetsyfikatsiia. Ridki spoluky, shcho utvoriuiut plivku dlia dohliadu za betonom pry tverdinni.

15. AASHTO: M 171-87 Standartna spetsyfikatsiia. Lystovi materialy dlia zatverdinnia betonu. Poznachennia AASHTO: M 171-87.

16. ASTM C 156 – 03. Standartnyi metod vyprobuvannia dlia utrymannia vody materialamy dlia tverdinnia betonu.

УДК 625.70
UDC 625.70

DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-071-080

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЮ ПОШКОДЖЕННЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА АЕРОДРОМІВ

ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE DEGREE OF DAMAGE TO CEMENT CONCRETE SURFACES OF ROADS AND AIRPORTS



Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії, e-mail: gip65n@gmail.com, тел.+380503524124,*

https://orcid.org/0000-0001-9246-7561



Харченко Анна Миколаївна, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: anna-x3@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 323,*

https://orcid.org/0000-0001-8166-6389



Дмитриченко Андрій Миколайович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: andrew_d@ukr.net, +380502816006,*

https://orcid.org/0000-0001-6144-7533

Анотація У статті розглянуто сучасні методи оцінки ступеню пошкодження цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів. Проведено аналіз традиційних та інноваційних підходів, розглянуто їх ефективність, точність та доцільність використання в різних умовах експлуатації.

Виявлення дефектів цементобетонного покриття є важливим етапом у процесі експлуатації та ремонту конструкцій цементобетонного покриття. Вчасне виявлення пошкоджень дозволяє запобігти подальшому руйнуванню та забезпечити безпеку експлуатації.

Виконано аналіз методів оцінки стану аеродромного покриття: Present Serviceability Index (PSI), Present Serviceability Rating (PSR),. метод ACR-PCR, індекс збереження жорсткого покриття *MJ*. Вказано на переваги та недоліки методів.

Ключові слова: аналіз, фактори, методи, пошкодження, цементобетонні покриття, оцінка стану аеродромного покриття, переваги та недоліки, методи PSI (Present Serviceability Index), Present Serviceability Rating (PSR),. Метод ACR-PCR, індекс збереження жорсткого покриття*MJ*.

Вступ. Цементобетонні покриття широко застосовуються в дорожньому та аеродромному будівництві завдяки їх високій міцності, довговічності та стійкості до впливу навантажень. Однак, з часом вони зазнають пошкоджень через механічні, кліматичні та хімічні впливи. Оцінка ступеню

пошкодження є важливим етапом для визначення необхідності ремонтних заходів та прогнозування залишкового ресурсу покриття.

Цементобетонні покриття, незважаючи на свою міцність, з часом піддаються різним видам пошкоджень. Ці пошкодження можуть бути спричинені різноманітними факторами, як природними, так і антропогенними. До основних методів пошкодження таких покриттів відносяться: фізичні фактори, термічні напруження, перепади температур при різких змінах температури, бетон розширюється і стискається, що призводить до появи тріщин, пожежі - високі температури можуть призвести до руйнування структури бетону; морозна дія; вода в порах бетону. При замерзанні вода розширюється, що створює внутрішні напруження і призводить до руйнування бетону. Абразивне зношування: дія транспорту; рух транспортних засобів, особливо важкого, призводить до стирання поверхні бетону. Часто пошкодження цементобетонних покриттів відбувається в результаті комплексного впливу різних факторів. Наприклад, тріщини, що виникли внаслідок температурних напружень, можуть бути розширені в результаті дії агресивного середовища або механічних навантажень.

2. Класифікація дефектів цементобетонних покриттів Основними видами пошкоджень цементобетонних покриттів є:

- **Тріщини** (поздовжні, поперечні, сітчасті, температурні);
- **Руйнування швів** (відшарування, втрата герметизуючих матеріалів);
- **Відшарування та лущення поверхні**;
- **Осідання та деформації плит**;
- **Утворення вибоїн та каверн**.

3. Методи оцінки пошкоджень Існують різні методи визначення ступеню пошкодження цементобетонних покриттів, які можна поділити на традиційні та сучасні (інноваційні).

3.1. Візуальна оцінка Цей метод є найбільш поширеним та передбачає огляд поверхні покриття з фіксацією дефектів у карті ушкоджень. Переваги – простота та швидкість, недоліки – суб'єктивність оцінки та залежність від кваліфікації фахівця.

3.2. Дефлектографія Метод передбачає вимірювання прогину плит під навантаженням для визначення їх несучої здатності. Використовується спеціальна апаратура, що дозволяє оцінювати залишкову міцність покриття.

3.3. Ультразвукова діагностика Застосовується для визначення внутрішніх дефектів, таких як порожнини, мікротріщини та неоднорідності структури бетону. Метод забезпечує високу точність, але потребує спеціального обладнання та кваліфікованого персоналу.

3.4. Фото-інформаційні методи Ці методи включають використання цифрової фотограмметрії, тепловізійної зйомки, лазерного сканування та інших безконтактних технологій для оцінки стану покриття. Вони дозволяють отримувати об'єктивні дані та автоматизувати аналіз пошкоджень.

3.5. Георадарні дослідження Метод базується на використанні електромагнітних хвиль для виявлення внутрішніх пошкоджень у товщі бетону та аналізу несучих характеристик конструкції. Переваги – можливість комплексного дослідження без порушення структури покриття.

4. Порівняльний аналіз методів Для порівняння методів оцінки пошкоджень використано такі критерії [1 - 6] (табл. 1):

- **Точність** (ступінь деталізації отриманих даних);
- **Швидкість виконання обстеження**;
- **Вартість проведення досліджень**;
- **Можливість автоматизації**.

Таблиця 1 - Порівняння основних методів обстеження стану покриття.
Table 1 - Comparison of the main methods for surveying the condition of the pavement.

Метод	Точність	Швидкість	Вартість	Автоматизація
Візуальна оцінка	Середня	Висока	Низька	Низька
Дефлектографія	Висока	Середня	Висока	Низька
Ультразвук	Висока	Середня	Висока	Низька
Фото-інформаційні методи	Висока	Висока	Середня	Висока
Тепловізійні дослідження	Висока	Середня	Середня	Середня
Георадарні дослідження	Висока	Висока	Висока	Висока

PSI (Present Serviceability Index) для цементобетонних покриттів визначається за методикою, розробленою Американською асоціацією державних службовців автомобільних доріг і транспорту (AASHTO) [4]. Він базується на таких параметрах дорожнього покриття :

Формула для розрахунку PSI

Для жорстких (цементобетонних) покриттів PSI розраховується за формулою:

$$PSI = 5.41 - 1.80 \log(1 + SV) - 0.09 (C + P) - 0.25 (F), \quad (1)$$

де: **SV (Slope Variance)** – варіація поздовжнього профілю покриття (виражається у термінах IRI – International Roughness Index); **C** – кількість тріщин (враховуються як дрібні, так і великі тріщини на 100 м дороги); **P** – пошкодження швів та стиків цементобетонних плит (оцінюється як кількість дефектів на 100 м дороги); **F** – площа вибоїн та лущення покриття (м² на 100 м дороги).

Класифікація PSI:

4.0 – 5.0 – відмінний стан покриття, комфортний для руху;
3.0 – 4.0 – хороший стан, незначні дефекти;
2.0 – 3.0 – задовільний стан, можливі локальні пошкодження;
1.0 – 2.0 – поганий стан, потребує ремонту;
0.0 – 1.0 – аварійний стан, необхідна реконструкція.

Методи визначення PSI:

1. **Інструментальні вимірювання нерівностей** (профілографи, лазерні сканери);
2. **Візуальна оцінка тріщин, пошкоджень швів та вибоїн** (за допомогою фото-інформаційних методів);
3. **Георадарні дослідження** (оцінка внутрішніх дефектів та деформацій основи).

Використання PSI допомагає визначити залишковий ресурс покриття та обґрунтувати вибір необхідних ремонтних заходів.

Present Serviceability Index (PSI) для асфальтобетонних покриттів визначається за емпіричною формулою, розробленою Американською асоціацією державних службовців автомобільних доріг і транспорту (AASHTO). Він враховує нерівності покриття, наявність тріщин та пластичних деформацій.

Формула для розрахунку PSI для асфальтобетонних покриттів:

$$PSI = 5.03 - 1.38 \log(1 + SV) - 0.01 (C) - 0.32 (P) - 0.12 (R), \quad (2)$$

де: **SV (Slope Variance)** – варіація поздовжнього профілю покриття, зазвичай представлена через **IRI (International Roughness Index)**; **C** – площа тріщин (у % від площі покриття на 100 м дороги); **P** – площа колійності (у мм); **R** – площа вибоїн та лущення (у % від загальної площі покриття).

Present Serviceability Rating (PSR) – це суб'єктивний метод оцінки стану дорожнього покриття на основі візуального огляду та відчуттів водіїв під час руху. Він використовується як спрощена альтернатива **Present Serviceability Index (PSI)**, оскільки не потребує складних інструментальних вимірювань.

Методика визначення PSR/ PSR оцінюється за п'ятибальною шкалою (табл. 2)/

Таблиця 2 - Оцінка PSR за характеристикою стану покриття
Table 2 - PSR assessment by pavement condition characteristic

Оцінка PSR	Характеристика стану покриття
5.0	Відмінний стан: дуже рівна поверхня, немає тріщин, вибоїн чи колійності.
4.0 – 4.9	Хороший стан: мінімальні нерівності, можливі дрібні тріщини, незначні дефекти.
3.0 – 3.9	Задовільний стан: помітні нерівності, місцями тріщини, незначна колійність.
2.0 – 2.9	Незадовільний стан: значна колійність, вибоїни, великі тріщини, відчутний дискомфорт при русі.
1.0 – 1.9	Поганий стан: значні деформації, небезпечні вибоїни, серйозні дефекти, рух ускладнений.
0.0 – 0.9	Аварійний стан: практично непридатне для руху, потребує негайного ремонту.

Методи збору даних для PSR

1. **Експертне оцінювання**: група інженерів або водіїв оцінює покриття під час руху.
2. **Оцінка водіями**: використання анкетування водіїв для збору суб'єктивних даних.

3. **Візуальна інспекція**: дорожні служби проводять огляд покриття з оцінкою за п’ятибальною шкалою.

Відмінність між PSR та PSI:

PSR – суб'єктивна оцінка, що базується на відчуттях водіїв та експертів.

PSI – об’єктивний індекс, який розраховується на основі інструментальних вимірювань (IRI, тріщини, вибоїни, колійність).

PSR зазвичай корелює з PSI, і для калібрування PSI часто використовуються суб'єктивні оцінки PSR.

PSR є корисним для швидкого оцінювання стану доріг, але для детального аналізу та планування ремонту необхідне використання PSI.

Аналітична залежність між **Present Serviceability Rating (PSR)** та **Present Serviceability Index (PSI)** була встановлена в результаті досліджень AASHTO під час дорожніх тестів у 1950-х роках. Для асфальтобетонних та цементобетонних покриттів ця залежність має наступну емпіричну форму:

$$PSI = 5.03 - 0.43 \times PSR, \quad (3)$$

або в еквівалентній формі:

$$PSR = \frac{5{,}03 - PSI}{0{,}43}, \quad (4)$$

Інтерпретація залежності

PSI та PSR корелюють між собою, але PSI є об'єктивним показником, який враховує виміряні параметри (IRI, тріщини, колійність тощо), тоді як PSR ґрунтується на візуальному та суб'єктивному сприйнятті якості дороги.

При **PSR = 5.0** (відмінний стан) значення **PSI ≈ 2.88**.

При **PSR = 2.0** (поганий стан) значення **PSI ≈ 4.17**, що означає значну деформацію покриття.

PSI **не може бути вище 5.0** за визначенням, що відповідає ідеальному стану дороги.

Практичне застосування

PSR використовується для швидкого суб'єктивного оцінювання під час польових обстежень.

PSI застосовується для проєктування ремонтних робіт, оскільки базується на вимірюваннях параметрів покриття.

Для визначення **реального зв’язку між PSI і PSR в конкретних умовах** можуть використовуватися регіональні калібрувальні залежності.

Таким чином, **знання PSR дозволяє оцінити PSI та навпаки**, що корисно при аналізі дорожнього покриття без складних інструментальних досліджень.

Метод ACN-PCN (Aircraft Classification Number - Pavement Classification Number) використовується для оцінки несної здатності аеродромного покриття. Цей метод був розроблений Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO) і використовується для визначення того, чи може конкретне покриття аеродрому безпечно витримувати вагу певного літака.

Основна ідея полягає в порівнянні двох чисел: **ACN** (Aircraft Classification Number) і **PCN** (Pavement Classification Number). ACN визначає відносний вплив ваги літака на покриття, враховуючи стандартну міцність підстилки1. PCN же відображає несну здатність покриття.

Якщо ACN літака менший або рівний PCN покриття, то літак може безпечно працювати на цьому покритті без обмежень. Цей метод допомагає аеропортам визначати, які літаки можуть безпечно використовувати певні покриття.

В останні роки замість методу **ACN-PCN** в аеропортах України впроваджується метод ACR-PCR для оцінки стану аеродромного покриття.

Метод ACR-PCR для оцінки стану аеродромного покриття

ACR-PCR (Automated Crack Recognition – Pavement Condition Rating) – це сучасний автоматизований метод оцінки стану дорожнього покриття, який поєднує комп’ютерне розпізнавання тріщин (ACR) та загальну рейтингову систему оцінки стану покриття (PCR).

Суть методу ACR-PCR

Автоматизоване розпізнавання тріщин (ACR)

Використовуються **високоточні камери та лазерні сканери**, встановлені на дорожніх інспекційних транспортних засобах або дронах.

Зображення обробляються за допомогою **алгоритмів комп’ютерного зору** та **штучного інтелекту (AI)** для ідентифікації тріщин, вибоїн, лущення та інших дефектів.

Використовуються методи **глибокого навчання (CNN – Convolutional Neural Networks)** для підвищення точності розпізнавання.

Розрахунок рейтингу стану покриття (PCR)

Виявлені дефекти класифікуються за типом, розміром та інтенсивністю.

Дані інтегруються у **систему оцінки загального стану покриття (PCR – Pavement Condition Rating)**.

Класифікація дефектів дорожнього покриття в методі ACR-PCR

Метод **ACR-PCR (Automated Crack Recognition – Pavement Condition Rating)** передбачає автоматизовану ідентифікацію та класифікацію дефектів дорожнього покриття за **типом, розміром та інтенсивністю**.

1. Класифікація дефектів за типом

Дефекти поділяються на основні категорії відповідно до стандартів AASHTO та ASTM:

- Тріщини

Поздовжні (Longitudinal cracks) – з'являються вздовж напрямку руху транспорту.
Поперечні (Transverse cracks) – утворюються перпендикулярно до осі дороги.
Сітчасті (Alligator cracks) – нагадують "шкіру алігатора", сигналізують про втрату несучої здатності основи.
Крайові (Edge cracks) – з'являються вздовж краю дорожнього полотна.
Тріщини швів (Joint cracks) – характерні для цементобетонних покриттів.

- Деформації

Колійність (Rutting) – постійні вм'ятини в зоні руху коліс транспорту.
Гребені (Corrugation) – поперечні хвилеподібні деформації.
Опуклості та западини (Depressions and bumps) – локальні нерівності покриття.

- Руйнування покриття

Вибоїни (Potholes) – локальні зруйнування покриття із видаленням матеріалу.
Лущення (Raveling) – поверхневе руйнування, викликане втратою зчеплення матеріалу.
Відшарування (Delamination) – відокремлення верхнього шару покриття.

2. Класифікація дефектів за розміром

Дефекти вимірюються та класифікуються за такими параметрами:

- Тріщини:

Мікротріщини (ширина до 1 мм).
Малі тріщини (1–3 мм).
Середні тріщини (3–10 мм).
Великі тріщини (понад 10 мм).

- Вибоїни:

Малі (до 150 мм у діаметрі, глибина до 25 мм).
Середні (150–300 мм, глибина 25–50 мм).
Великі (понад 300 мм, глибина понад 50 мм).

- Колійність:

Незначна (< 10 мм).
Середня (10–20 мм).
Значна (> 20 мм).

3. Класифікація дефектів за інтенсивністю

Метод ACR-PCR оцінює інтенсивність дефектів за їхньою щільністю та розповсюдженням на поверхні дороги:

Низька інтенсивність – дефекти займають **менше 10% площі покриття**.
Середня інтенсивність – уражена **10–30% площі**.
Висока інтенсивність – дефекти займають **понад 30% площі покриття**.

Метод **ACR-PCR** використовує ці параметри для розрахунку **індексу стану покриття (PCR)** та визначення необхідних ремонтних заходів.

Які характеристики цементобетону необхідно ввести в програму FAARFIELD для розрахунку PCR (Pavement Classification Rating)?

Характеристики цементобетону для розрахунку PCR у FAARFIELD

FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design) – це програмне забезпечення для розрахунку несучої здатності та довговічності покриттів аеродромів та автомобільних доріг.

Для визначення **Pavement Classification Rating (PCR)** необхідно ввести такі **характеристики цементобетону**:

1. Механічні характеристики

- Модуль пружності (Elastic Modulus, Ec)

Типові значення: **27–45 ГПа (4000–6500 ksi)**.
Визначає жорсткість бетону та його здатність витримувати навантаження.

- Міцність на згин (Flexural Strength, Sf)

Типові значення: **4,5–6,9 МПа (650–1000 psi)**.
Використовується для розрахунку граничних навантажень та витривалості покриття.

- Коефіцієнт Пуассона (Poisson's Ratio, ν)

Типове значення: **0,15–0,20**.

Оцінювання технічного стану цементобеионних покриттів за методом PCI (Pavement Condition Index.

Метод **Pavement Condition Index (PCI)** є широко використовуваним підходом для оцінки технічного стану цементобетонних (і асфальтобетонних) покриттів автомобільних доріг та аеродромів. Він розроблений **Інженерним корпусом армії США (U.S. Army Corps of Engineers)** та стандартизований в **ASTM D5340** (для аеродромів) і **ASTM D6433** (для автомобільних доріг).

Суть методу PCI

Метод PCI ґрунтується на **візуальному обстеженні** покриття та визначенні рівня його пошкоджень, що дозволяє отримати об'єктивну оцінку стану дороги або злітно-посадкової смуги.

Основні етапи оцінювання:

1. **Вибір репрезентативних ділянок**

Покриття розбивається на **ділянки** (pavement sections), які мають однорідні умови експлуатації та конструкцію.

У кожній ділянці виділяються **випробувальні площі** (sample units), розмір яких залежить від типу покриття:

Для бетонних покриттів: **від 20 до 50 м²**.

Для асфальтобетонних покриттів: **від 40 до 200 м²**.

Ідентифікація дефектів та їх класифікація

Фіксуються дефекти за **типом, інтенсивністю та площею пошкодження**.

Стандарт **ASTM D5340** (для аеродромів) та **ASTM D6433** (для доріг) визначає **19 основних типів дефектів** цементобетонного покриття, серед яких:

Поперечні та поздовжні тріщини

Крайові руйнування

Відшарування (шарування бетону)

Ковзання плит (slab faulting)

Піднімання (здиблення) плит (blow-up)

Вибоїни та втрата матеріалу

Присвоєння вагових коефіцієнтів дефектам.

Кожен тип пошкодження має різний **вплив на довговічність покриття**. Визначається частка покриття, уражена певним видом дефекту.

Розрахунок PCI за спеціальною формулою.

PCI визначається у діапазоні **від 0 до 100**, де:

100 – ідеальне покриття без дефектів

85–70 – хороше покриття

55–40 – задовільний стан

25–10 – незадовільний стан

0 – повне руйнування покриття

Формула враховує зниження індексу внаслідок кожного виду дефектів та їх площу.

Аналіз та прийняття рішень

На основі PCI приймаються рішення щодо **планування ремонтних робіт**, зокрема:

PCI ≥ 85 – профілактичне обслуговування

PCI 70–55 – середній ремонт

PCI ≤ 40 – капітальний ремонт або реконструкція

Переваги методу PCI:

Об'єктивність – оцінка базується на стандартизованих критеріях.

Швидкість – можливість швидкого визначення стану покриття без складного обладнання.

Простота – можливість використання як ручних, так і автоматизованих систем (наприклад, БПЛА або мобільних сканерів).

Гнучкість – метод підходить як для доріг, так і для аеродромних покриттів.

Недоліки: Суб'єктивний фактор – залежність від досвіду інспектора.

Не враховує структурну міцність покриття – PCI відображає лише поверхневий стан.

Формула для розрахунку **Pavement Condition Index (PCI)** базується на визначенні внеску кожного виду дефекту в загальний стан покриття.

Основна формула PCI:

$$PCI=100-\sum(CDV), \tag{5}$$

де, **CDV (Corrected Deduct Value)** – скориговане значення зниження індексу через наявність певного дефекту. **ΣCDV** – сума скоригованих значень для всіх виявлених дефектів.

Алгоритм розрахунку PCI

Визначення щільності дефектів

Для кожного типу дефекту розраховується **щільність** (Density, %) за формулою:

$$\text{Density} = \left(\frac{\text{Area of defect}}{\text{Total sample unit area}}\right) \times 100. \tag{6}$$

Розрахунок первинних знижувальних значень (Deduct Value, DV)

За спеціальними таблицями (ASTM D6433) визначається **DV** для кожного дефекту залежно від його площі та інтенсивності.

Скориговане значення CDV

Якщо є один тип дефекту, **CDV = DV**.

Якщо кілька дефектів, використовується спеціальна номограмна крива для корекції DV.

Розрахунок PCI

Від 100 віднімається сума всіх CDV, отриманих для конкретної випробувальної площі.

$$PCI=100-\sum CDVPCI = 100. \quad (7)$$

Якщо **ΣCDV > 100**, тоді **PCI = 0**.

Приклад розрахунку:

Виявлено **тріщини з шириною >3 мм**, що займають **20% площі** → за таблицею **DV = 30**.

Виявлено **вибоїни**, що займають **10% площі** → за таблицею **DV = 20**.

Використовуючи номограму, скориговані значення **CDV = 40**.

Розрахунок PCI:

PCI=100−40=60·PCI = 100 - 40 = 60·PCI=100−40=60.

Це означає, що покриття перебуває у **задовільному стані**.

Формула і методика розрахунку деталізовані у стандарті **ASTM D6433**.

Метод PCI використовується в багатьох країнах як стандартний інструмент **моніторингу стану дорожнього покриття та аеродромів**, а також для **пріоритезації ремонтних заходів**.

В Україні придатність покриттів за їх технічним станом оцінюють на підставі аналізу характеру та кількості дефектів аеродромних покриттів з граничними значеннями. Граничні значення нерівності поверхні аеродромного покриття та граничні значення дефектів аеродромних покриттів і заходи щодо їх усунення перед польотами повітряних суден, наведені в таблицях 1, 2 додатка 25 до Інструкції [7]. Обсяги ремонтних робіт щодо підтримання аеродромних покриттів у необхідному експлуатаційному стані, якщо чисельні значення дефектів не перевищують граничних значень, визначають на підставі індексу зберігання покриттів MJ для жорстких покриттів та показника стану покриттів $\mathbf{P_o}$ - нежорстких покриттів відповідно до таблиці 3 додатка 25 до Інструкції [7].

Технічний стан покриттів оцінюють на підставі результатів візуальних оглядів, що фіксують на плані усунення дефектів покриття в журналі технічного стану аеродромного покриття під час періодичних оглядів.

Відповідно до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України (у редакції Наказу Міністерства Оборони України від 23.09.2020р. №348 технічний стан цементобетонних покриттів оцінюють за допомогою індексу збереження *MJ*, який обчислюється за формулою:

$$MJ = 5 - \Sigma_i \, (n_i / n) \cdot a_i, \; . \quad (8)$$

де n_i – число плит з дефектом і-го типу;

n – загальне число плит обстеженої ділянки покриття;

a_i – «вага» дефекту і-го типу, наведена в таблиці 4 додатка 25 до Інструкції [7].

Якщо на одній плиті є дефекти різних типів, то під час визначення індексу MJ враховують тільки дефекти з максимальним значенням.

Відремонтовані ділянки покриттів (крім заміни зруйнованих плит і переукладання плит для усунення нерівності) враховують під час оцінки як дефекти, усунуті поточним ремонтом. При цьому значення дефектів, що усуваються, зменшується в 1,5 рази.

Додаток 25 до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України (пункт 22 глави 2 розділу V)

Згідно п. 5.68 СНиП 2.05.08-85 Аеродроми [8] та проекту ДБН В.2.2-ХХ:2022 Будівлі та споруди. Аеродроми. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [9] п. 15.4.3 При визначенні жорсткості та граничного згинального моменту цементобетонних та армобетонних шарів існуючих покриттів їх розрахункову товщину t_{pd} слід приймати залежно від категорії руйнування, що встановлюється за таблицею Д.13 Додатку Д цих ДБН та товщини t_{ex} існуючого покриття при категорії руйнування: І категорія руйнування $t_{pd} = t_{ex}$; ІІ категорія руйнування t_{pd} =0,9 tex; ІІІ категорія руйнування t_{pd} =0,8 t_{ex}.

Таблиця 3 - Граничні значення нерівності поверхні аеродромного покриття
Table 3 - Limit values of airfield pavement surface roughness

Тип покриття, контрольні показники	Граничні значення	
	на злітно-посадковій смузі (далі - ЗПС)	на руліжних доріжках (далі - РД), місцях стоянки (далі - МС)
1	2	3
Жорсткі покриття: перевищення граней суміжних плит у швах (тріщинах); алгебраїчна різниця повздовжніх схилів суміжних плит	20 мм 0,02	27 мм 0,033
Нежорсткі покриття: колії, хвилі, зсуви, прогалини; алгебраїчна різниця повздовжніх схилів на суміжних ділянках завдовжки 10 м	30 мм 0,02	50 мм 0,033

Таблиця 4 - Граничні значення дефектів аеродромних покриттів і заходи щодо їх усунення перед польотами повітряних суден
Table 4 - Limit values of airfield pavement defects and measures to eliminate them before aircraft flights

Дефект покриття	Опис та граничне значення дефекту і заходи щодо його усунення перед польотами повітряних суден
1	2
Монолітні бетонні, армобетонні і залізобетонні покриття	
Наскрізні тріщини завширшки менше 40 мм без руйнування кромок	Відношення довжини тріщин у метрах до площі покриття у квадратних метрах не повинно перевищувати 0,3 - для бетонних і армобетонних та 0,4 - для залізобетонних покриттів. Герметизація тріщин
«Волосяні» тріщини	Допускається необмежена кількість усадочних тріщин. Захисне просочення покриття або затирання. Тріщини завширшки більше 0,3 мм підлягають герметизації без розробки
Злущення поверхні плит	Злущення окремих ділянок поверхні на глибину не більше 5 мм. Злущені ділянки поверхні підлягають ретельному очищенню зі збиранням часток, що відшарувалися. Захисне просочення покриття або влаштування захисного шару з полімерних матеріалів
Відколи бетону біля швів	Окремі відколи завширшки і завглибшки не більше 3 см. Шматки бетону, що відкололися, прибирають, а порожнини, що утворилися, заливають герметиком
Раковини і вибоїни на поверхні плит без оголення стержнів арматури	Усі раковини і вибоїни на поверхні плит без оголення стержнів арматури підлягають заливанню гумобітумним в'яжучим або іншим ремонтним матеріалом

Таблиця 5 – Обсяги ремонтних робіт щодо підтримання аеродромних покриттів у необхідному експлуатаційному стані
Table 5 – Volumes of repair work to maintain airfield surfaces in the required operational condition

Індекс зберігання покриттів *MJ*	Показник стану покриттів P_o	Стан покриття	Рекомендовані заходи
1	2	3	4
Від 4,0 до 5,0	До 39	добрий	планові заходи з експлуатаційного утримання
Від 3,0 до 4,0	Від 40 до 69	задовільний	поточний ремонт
3,0 та менше	70 та більше	незадовільний	капітальний ремонт

При визначенні жорсткості і граничного згинаючого моменту бетонних і армобетонних шарів посилення покриттів розрахункову товщину їх t_{pd} слід приймати залежно від категорії руйнування, встановлюваної по табл. 25, і товщина t_{ex} існуючого покриття при категорії руйнування: I..... $t_{pd}=t_{ex}$, II..... $t_{pd}=0,9t_{ex}$, III..... $t_{pd}=0,8t_{ex}$.

Існуючі жорсткі покриття IV категорії руйнування в розрахунку належить враховувати як штучні основи з коефіцієнтом постелі

$$K_s = 600 \text{ МПа/м}^3 \text{ (60 кгс/см}^3\text{)}.$$

Способи посилення покриттів визначають з урахуванням категорії нормативного навантаження і залежно від стану існуючого покриття. Категорію руйнування існуючих жорстких покриттів встановлюють відповідно до табл. 6.

Таблиця 6 - Категорії руйнування жорстких аеродромних покриттів
Table 6 - Destruction categories of hard airfield pavement

Категорія руйнування плит існуючих жорстких покриттів	Кількість зруйнованих плит, %, з			
	з лущенням глибиною понад 1 см	з відколами кромок в місцях швів	з наскрізними тріщинами (подовжні або поперечні)	з відколами кутів, діагональними наскрізними тріщинами поряд з наскрізними поздовжніми та поперечними
I	Менше 10	-	-	-
II	Від 10 до 30	Менше 30	Менше 20	-
III	Понад 30	30 і більше	Від 20 до 30	Менше 20
IY	Не нормується		Понад 30	20 і більш

Примітки: 1. Категорію руйнування встановлюють за ознакою, що дає найвищу категорію руйнування. 2. Наскрізні тріщини враховуються, якщо середня відстань між ними менше 5 м і вони не допускаються розрахунковим граничним станом. Примітка 3. При визначенні відсотка зруйнованих плит слід приймати: для ШЗПС – середню смугу шириною, що дорівнює половині ширини ШЗПС за всією її довжиною; для РД та інших елементів покриття - ряд плит, що зазнають впливу навантажень від основних опор повітряних суден; для МС та перонів - всю робочу площу

Посилення існуючих покриттів викликано наступними причинами: необхідністю підвищення несучої здатності покриттів з появою нової авіаційної техніки (нового типу розрахункового повітряного судна), збільшенням інтенсивності повітряного руху або незадовільним експлуатаційно-технічним станом аеродромного покриття: наявністю дефектів покриттів (вибоїн, сильного зносу верхнього шару), неприпустимих для безпечної експлуатації повітряних судів, усунення яких неможливе методами поточного ремонту.

Шари посилення покриттів слід проектувати у випадках:

- коли несуча здатність існуючого покриття недостатня для сприйняття навантаження від повітряних судів, експлуатація яких планується на даному аеродромі;
- коли несуча здатність покриття достатня, але його поверхня знаходиться в стані, при якому заміна окремих плит або ділянок і ремонт залишилися економічно менш вигідні, ніж укладання нового шару.

Висновки Вибір методу оцінки ступеню пошкодження цементобетонних покриттів залежить від умов експлуатації, необхідної точності, вартості та доступності обладнання. Найбільш перспективними є фото-інформаційні методи, тепловізійне та георадарні дослідження, які забезпечують комплексний аналіз стану покриття без його руйнування.

Перелік джерел посилань

1. ДСТУ Б В.2.3-4:2000 «Автомобільні дороги. Методи визначення міцності покриттів».
2. ДСТУ Б В.2.3-3-2000 (ГОСТ 30412-96). Дороги автомобільні та аеродроми. Методи вимірювань нерівностей основ і покриттів. [Чинний від 23-02-2000]. Київ, 2000. 10 с. (Стандарт Держбуду України).
3. ASTM D6087-08 «Standard Test Method for Evaluating Asphalt-Covered Concrete Bridge Decks Using Ground Penetrating Radar».
4. AASHTO R 36-04 «Evaluating Faulting of Concrete Pavements by Meters».
5. Гамеляк І.П., Дмитриченко А.М., Райковський В.Ф. Удосконалення методики оцінювання стану аеродромного покриття // Airport Planning, Construction and Maintenance Journal. Київ. НАУ. Вип. 2, 2023. С. 20 -32. https://journals.nau.in.ua/index.php/apcmj/article/download/9/9
6. Гамеляк І.П., Райковський В.Ф. Комплексне оцінювання стану дорожнього покриву. Дороги і мости. Київ, Вип. 30. 2024. С. 122–137. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.122

7. Інструкція з експлуатації аеродромів державної авіації України: Наказ Міністерства оборони України від 1 липня 2013 р. № 441. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-13.
8. СНиП 2.05.08-85 Аеродроми.
9. ДБН В.2.2-ХХ:2022 Будівлі та споруди. АЕРОДРОМИ. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. https://nau.edu.ua/site/variables/news/2022/Аеродроми.pdf.

ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE DEGREE OF DAMAGE TO CEMENT CONCRETE SURFACES OF ROADS AND AIRPORTS

Abstract

The article considers modern methods for assessing the degree of damage to cement concrete pavements of highways and airfields. An analysis of traditional and innovative approaches is carried out, their effectiveness, accuracy and feasibility of use in various operating conditions are considered.

Detection of defects in cement concrete pavement is an important stage in the process of operation and repair of cement concrete pavement structures. Timely detection of damage allows you to prevent further destruction and ensure operational safety.

An analysis of methods for assessing the condition of airfield pavements is carried out: Present Serviceability Index (PSI), Present Serviceability Rating (PSR),. ACR-PCR method, hard pavement preservation index MJ. The advantages and disadvantages of the methods are indicated.

Keywords: analysis, factors, methods, damage, cement concrete pavements, assessment of the condition of airfield pavements, advantages and disadvantages, PSI (Present Serviceability Index) methods, Present Serviceability Rating (PSR),. ACR-PCR method, hard pavement preservation index MJ.

\

Gameliak Igor Pavlovich, Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «System design of transport infrastructure objects and geodesy», National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, +380503524124, id ORCID 0000-0001-9246-7561

Anna Kharchenko, Sc.D., Professor, National Transport University, Professor of Transport Construction and Property Management Department, e-mail: anna-x3@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 323, https://orcid.org/0000-0001-8166-6389

Dmytrychenko Andij Mykolayovich, Candidate of Engineering Sciences, associate professor of department transport law and logistic, National Transport University, e-mail: andrew_d@ukr.net, +380502816006, id ORCID 0000-0001-6144-7533

Reference

1. DSTU B V.2.3-4:2000 «Avtomobilni dorohy. Metody vyznachennia mitsnosti pokryttiv».
2. DSTU B V.2.3-3-2000 (HOST 30412-96). Dorohy avtomobilni ta aerodromy. Metody vymiriuvan nerivnostei osnov i pokryttiv. [Chynnyi vid 23-02-2000]. Kyiv, 2000. 10 s. (Standart Derzhbudu Ukrainy).
3. ASTM D6087-08 «Standard Test Method for Evaluating Asphalt-Covered Concrete Bridge Decks Using Ground Penetrating Radar».
4. AASHTO R 36-04 «Evaluating Faulting of Concrete Pavements by Meters».
5. Hameliak I.P., Dmytrychenko A.M., Raikovskyi V.F. Udoskonalennia metodyky otsiniuvannia stanu aerodromnoho pokryttia // Airport Planning, Construction and Maintenance Journal. Kyiv. NAU. Vyp. 2, 2023. S. 20 -32. https://journals.nau.in.ua/index.php/apcmj/article/download/9/9
6. Hameliak I.P., Raikovskyi V.F. Kompleksne otsiniuvannia stanu dorozhnoho pokryvu. Dorohy i mosty. Kyiv, Vyp. 30. 2024. S. 122–137. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.122
7. Instruktsiia z ekspluatatsii aerodromiv derzhavnoi aviatsii Ukrainy: Nakaz Ministerstva oborony Ukrainy vid 1 lypnia 2013 r. № 441. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-13.
8. SNyP 2.05.08-85 Aerodromy.
9. DBN V.2.2-XX:2022 Budivli ta sporudy. AERODROMY. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo. https://nau.edu.ua/site/variables/news/2022/Aerodromy.pdf.

УДК 624.21 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-081-091**
UDK 624.21

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КРИТЕРІЇВ ДЕГРАДАЦІЇ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД
ANALYSIS OF EXISTING DEGRADATION CRITERIA IN PREDICTING THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT STRUCTURES



Онищенко Артур Миколайович, *доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна,*
e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, тел. +380687771899,

http://orcid.org/0000-0002-1040-4530



Давиденко Олександр Олександрович, *кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна,*
e-mail: oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua, тел. +380504713399,

http://orcid.org/0000-0003-0176-3256



Духненко Яна Сергіївна, *аспірант кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна,*
e-mail: yana.duhnenko@gmail.com, тел. +380638352205,

https://orcid.org/0009-0007-8742-7718

Анотація: Стаття присвячена нагальній проблемі управління надійністю і довговічністю транспортних споруд. Розглядаються сучасні наукові підходи оцінки технічного стану транспортних споруд засновані на аналізі деградації елементів протягом життєвого циклу експлуатації. В статті представленні переваги та недоліки найпоширеніших моделей прогнозу технічного стану будівельних конструкцій. До кожної моделі застосовується характерний критерій деградації споруди: цикл

навантаження – розвантаження, накопичення критичної кількості хлоридів, коефіцієнт інтенсивності, геометричний параметр (параметри) тріщини в матеріалі, надійність тощо. Аналізується проблема вибору керуючого параметра моделі життєвого циклу елемента мостів. Сформульований теоретичний базис для моделі накопичення пошкоджень та моделі деградації основаної на фізико-механічних характеристиках матеріалу. В залежності від етапу життєвого циклу пропонується обрання типу моделі прогнозу. Розглядається модель прогнозу технічного стану мостів прийнята в нормативних документах України.

Ключові слова: критерій деградації, ланцюги, надійність, транспортні споруди, тріщиностійкість.

Вступ. Принципово важливим моментом в формулюванні моделі оцінки і прогнозу життєвого циклу є прийняття критерія деградації, тобто міри накопичення пошкоджень. Теоретично критерій є складовою фундаментальної проблеми управління надійністю і довговічністю будівельних об'єктів. В теорії споруд відомо не менше десятка різних за своєю фізичною сутністю критеріїв. Назвемо деякі з них.

У будівельній механіці з 50–х років минулого століття, широко використовувалась універсальна модель накопичення пошкоджень відома під назвою «теорія лінійного підсумовування пошкоджень Пальмгрена-Майнера», в якій використовується принцип лінійної суперпозиції пошкоджень. Як критерій тут виступає «цикл навантаження – розвантаження». Ця проста і прозора модель набула широкого поширення в машинобудуванні. У меншій мірі модель використовувалася для оцінки життєвого циклу елементів споруд [1,2,4]. Очевидно, що для використання моделі необхідно мати достовірну оцінку кількості циклів навантаження, тобто для прогнозу ресурсу в процесі експлуатації необхідно мати повні дані історії вантаження. Стосовно елементів автодорожніх мостів та і інших елементів конструкцій необхідні початкові дані визначаються настільки приблизно, що втрачається достовірність моделі. Є і інші недоліки, які стримують застосування моделі Пальмгрена-Майнера, такі як, наприклад, ігнорування ефектів взаємодії циклів навантаження з малою і великою амплітудами.

Досить розповсюдженою сьогодні є моделі життєвого циклу залізобетонних елементів в якій деградація залізобетону описується критеріями накопиченням певної «критичної кількості хлоридів», що проникають через захисний шар по капілярній системі та мікротріщинам. Процес дифузії хлоридів тут описується загальними законами аналітичної теорії дифузії, відомими як рівняння першого і другого законів Адольфа Фіка.

Інший напрям розбудови моделей накопичення пошкоджень елементів будівельних конструкцій ґрунтується на фундаментальних дослідженнях механіки руйнування. В Україні це дослідження школи академіка НАНУ В.В. Панасюка [8]. В цих роботах критеріями деградації матеріалу елементів споруд є «коефіцієнти інтенсивності, що трактуються як фізичні константи матеріалу. Безумовно моделі, засновані на класичній теорії механіки руйнування, теоретично найбільш досконалі, проте, поки шо не набули широкого застосування в практичній оцінці ресурсу елементів споруд.

В останні 20 – 30 років виявляється що універсальним, найбільш ефективними критерієм деградації елементів будівельних конструкцій є «параметр надійності». Нижче ми наводимо детальне

обґрунтування прийняття надійності як критерія деградації та приклад - відповідну модель, чинну в системі експлуатації автодорожніх мостів України.

Нарешті ще один широко вживаний критерій деградації – «геометричний параметр (параметри) тріщини в матеріалі» для оцінки і прогнозу життєвого циклу. Геометричні параметри тріщин (ширина, довжина, глибина) давно застосовуються в моделях деградації металевих елементів машин і механізмів, елементів стальних конструкцій споруд. Ми в цій роботі наводимо приклад моделі життєвого циклу залізобетонних елементів транспортних споруд в якій критерієм деградації слугує ширина розкриття тріщин.

Виклад основного матеріалу. Ідея застосування скалярного параметра – ймовірності як критерія процесу, еволюція якого в часі визначається ймовірнісними законами. В Україні в роботах проф. А.І. Лантуха-Лященка [6] була опублікована марковська теорія процесів (ланцюгів), у якій ймовірність виступає фундаментальною основою цієї теорії. За 100 з лишнім років стохастична теорія інтенсивно розвивалась у всьому світі і стала базою для моделей еволюції систем в часі у всіх галузях знань – від управління економікою до медичних прогнозів. Проте знадобилося більш ніж 50 років щоби теорія почала застосовуватися для моделей накопичення пошкоджень в конструкціях машин, механізмів, будівель і споруд [1,3]. В останні 30-40 років феноменологічні стохастичні моделі, що описують накопичення пошкоджень як марковський процес визнані універсальним апаратом опису поступового руйнування елементів споруд незалежно від матеріалу.

Доцільність і теоретична обґрунтованість застосування параметра надійності як критерія деградації є очевидною і витікає, перш за все, з сучасного трактування поняття надійності. Приведемо сучасне визначення терміну у формулюванні європейських учених. Так в стандарті ISO2394 [9] визначення наведено гранично коротко: «Надійність - здатність споруди або її елемента виконувати задані функції протягом всього проектного терміну служби».

Дещо ширше поняття «надійність» представлено у Єврокоді EN 1990:2002 [5]. Наведемо дослівну цитату: «Здатність споруди або її елемента виконувати задані функції протягом всього проектного терміну служби. Надійність зазвичай виражається в імовірнісних показниках». В примітці до визначення терміну вказується, що надійність є одночасно мірою безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності конструкції.

Надійність поряд зі своїм основним призначенням - характеризувати рівень безпеки споруди протягом життєвого циклу має й іншу функцію - служить інструментом оптимізації якості проекту. Так в EN 1990:2002 [5], знаходимо: «Слід зазначити, що значення параметра надійності є формальним або уявним показником ймовірності руйнування. Він використовується скоріше, як засіб для розвитку послідовних проектних правил, ніж для опису частоти руйнування конструкції». Наведені визначення відкривають шлях до застосування надійності в якості критерія деградації – накопичення пошкоджень, оцінки експлуатаційної придатності в інших термінах.

В найбільш загальній формі сучасне наукове обґрунтування проблеми наведено в документі Об’єднаного комітету з безпеки споруд , де надійність трактується як ймовірність досягнення граничного стану за час *t.* Для цього вводиться функція граничного стану, залежна від часу:

$$g(\mathbf{X},t) = R(\mathbf{X},t) - E(\mathbf{X},t), \qquad (1)$$

де $R(\boldsymbol{X},t)$ – узагальнений опір елемента; $E(\boldsymbol{X},t)$ – узагальнений навантажувальний ефект; $\boldsymbol{X}$ – вектор базових змінних; t – змінна часу.

Тоді надійність в термінах функції граничного стану виражається так:

$$P(t) = \text{Prob}[R(\mathbf{X},t) - Q(\mathbf{X},t) < 0]. \quad (2)$$

Таким чином, залежністю (2) технічний стан, тобто експлуатаційна придатність формулюється як поняття функціонально зв'язане з надійністю.

Нижче, як приклад, наводиться марковська модель накопичення пошкоджень в якій саме надійність слугує критерієм деградації. Модель була запропонована в 1999 р. [6] і нині має репутацію адекватного апарату управління безпекою експлуатації, оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів України [11].

Покажемо модель деградації елементів споруд основану на теорії випадкових марковських процесів. Систему відмов, що є наслідком зносу елемента споруди, будемо розглядати як потік випадкових дискретних подій марковського ланцюга і моделювати процесом з «якісними станами». Роль випадкової величини відіграє «випадковий дискретний стан системи» [6].

Моделлю деградації елемента встановлюється закон надійності в функції часу і, тим самим, встановлюється апарат прогнозу його технічного стану. Модель має дві принципові складові: феноменологічні класифікаційні таблиці дискретних станів та функцію деградації. Наступні чотири гіпотези становлять теоретичну базу моделі.

А. Критерієм технічного стану елемента є числовий параметр надійності.

В. Життєвий цикл елемента поділено на 5 експлуатаційних станів. Кожен із станів описується добіркою кількісних та неформалізованих якісних показників деградації, що характеризують ієрархію відмов елемента [1,2,7].

В. Процес деградації елемента протягом життєвого циклу описується дискретною моделлю випадкового марковського процесу з неперервним часом.

Г. Перехід із одного експлуатаційного стану в інший описується, як процес Пуассона з дискретними станами та неперервним часом.

Ми сформулюємо визначальні залежності для моделі, в якій блукання по дискретним станам здійснюється тільки в одному напрямку: від стану з меншим, до стану з більшим номером. Будемо вважати, що елемент знаходитися послідовно в дискретних станах S_1, S_2..., S_n, а переходи з одного експлуатаційного стану в інший здійснюються в моменти безперервного часу t_1; t_2;…t_n-. Ставиться завдання знайти ймовірності станів $p_1(t)$, $p_2(t)$, ..., $p_n(t)$, де n - кількість дискретних станів. Надійністю системи в кожному з станів визначається процес деградації.

Марковський ланцюг, що розглядається являє собою потік послідовних подій з однаково розподіленими проміжками часу. Граф потоку показаний на рис.1

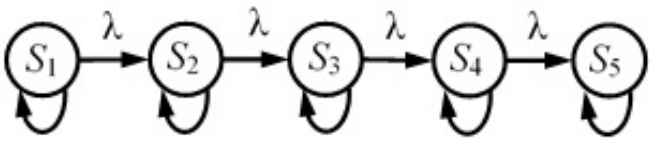


Рисунок - 1 Граф процесу деградації

Figure - 1 Graph of the degradation process

У термінах марковського процесу завдання зводиться до пошуку безумовних ймовірностей перебування системи S на довільному кроці k в стані S_i: $k = 1, 2, \ldots, n$:

$$p_i(k) = \text{Prob}[S(k) = S_i]; k = 1,2,\ldots,n;\ i = 0,1,\ldots n-1. \quad (3)$$

Ймовірності $p_i(k)$ виражаються через умовні ймовірності переходу системи ***S*** на кроці k в стан S_j, за умови, що на кроці k -1 система була в стані S_i::

$$p_{ij}(k) = \text{Prob}[S(k) = S_j \mid S(k-1) = S_i]; i, j = 0,1,\ldots,n-1. \quad (4)$$

Еволюція системи характеризується щільністю ймовірності переходу (*інтенсивність відмов, швидкість деградації*) $\lambda_{i,i+1}$. Цей параметр є граничним відношенням ймовірності переходу системи за час Δt зі стану S_i в стан $S_{i,i+1}$:

$$\lambda_{i,i+1} = \lim \frac{p_{i,i+1}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad (5)$$

де $p_{i,i+1}(\Delta t)$ – ймовірність того, що система перейде за час Δt із стану S_i в стан $S_{i,i+1}$.

Шукані ймовірності марковської ланцюга $p_1(t), p_2(t)., P_n(t)$ - функції часу є ймовірністю того, що система в момент t знаходиться в стані S_i. і визначаються з системи звичайних диференціальних рівнянь зі змінними, в загальному випадку, коефіцієнтами. Це відомі рівняння Колмогорова - Чепмена, що описують еволюцію дискретного марковського процесу з неперервним часом

$$\frac{dp_{ij}(t)}{dt} = \sum \lambda_{ik}\ p_{kj}(t), \quad i, j, k = 1,2,\ldots, n. \quad (6)$$

До цих рівнянь приєднуються початкові умови

$$p_{ij}(0) = \delta_{ij}, \quad (7)$$

де δ_{ij} – символ Кронекера.

Крім того, в розв'язку системи диференціальних рівнянь використовується умова нормування, яка є наслідком того, що події марковської ланцюга несумісні і утворюють повну групу:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i(t) = 1. \quad (8)$$

Розв'язок системи рівнянь (6) при початкових умовах (7) дає *матрицю ймовірностей переходів* $p_{ik}(t)$, якою описується марковська ланцюг. Цю матрицю часто називають скорочено *матрицею переходів*.

Надійність елемента обчислюється як ймовірність того, що в момент часу t елемент вийде зі стану k, тобто відбудеться відмова $k + 1$:

$$P_i(t) = \sum_{k=1}^{N} p_k p_{ik}(t), \tag{9}$$

де N - кількість дискретних станів протягом життєвого циклу елемента; p_k - надійність елемента, що приписана йому в k-тому дискретному стані; $p_k(t)$ - перехідна ймовірність k-того дискретного стану, що отримується розв'язком системи рівнянь (6) при початкових умовах (7).

Як видно з (9), в загальному випадку ймовірності переходу складають квадратну матрицю переходів розміром n, де n - кількість дискретних станів. Позначимо її **P**. На головній діагоналі матриці **P** стоять ймовірності затримки системи в даному стані S_i на кроці k, на бічних діагоналях - ймовірності переходу системи зі стану S_i в стан S_j - p_{ij} (k). В силу того, що на кожному кроці система може перебувати тільки в одному з двох взаємовиключаючих станів, сума всіх ймовірностей однієї строки дорівнює одиниці:

$$\sum_{j=1}^{n} p_{ij}(k) = 1. \tag{10}$$

Диференціальні рівняння марковського ланцюга (6), відповідні графу потоку рис.1, запишемо в матричній формі:

$$\frac{d\mathbf{P}(i,t)}{dt} = \mathbf{P}(i,t) \cdot \mathbf{E}, \tag{11}$$

де $\mathbf{P}(i, t)$ - матриця ймовірностей переходу; **E** - матриця інтенсивностей відмов, тут прийнята постійною $\mathbf{E} = \lambda$.

У випадку моделі за лінійним графом потоку (рис.1) де блукання по станам відбувається в одному напрямку – від стану з меншим номером до стану з більшим номером матриця переходу стає трикутною наддіагональною, мало заповненою. Приклад розв'язку системи рівнянь за лінійним графом потоку наведено нижче:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0.181 & 0.819 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.330 & 0.670 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.451 & 0.549 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.551 & 0.449 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \tag{12}$$

Зауважимо, що описана класична процедура отримання матриці переходу не єдина.

Пошук ймовірностей переходу, які містить стохастична матриця **P** є домінантою, центральним місцем у розробці моделі деградації елемента споруди, описуваної дискретним марковским процесом. Коли матриця **P** знайдена, за відомими значеннями умовних ймовірностей переходу і початкового значення безумовної ймовірності перебування системи в стані S_1 всі інші безумовні ймовірності знаходяться за рекурентною формулою:

$$p_j(k) = \sum_{i=1}^{n} p_i(k-1)p_{ij}, k = 1,2,\ldots,n;\ j = 1,2,\ldots,n. \quad (13)$$

Моделлю деградації встановлюється зв'язок між надійністю та часом експлуатації елемента. Перехід із одного дискретного стану в інший описується, як процес Пуассона з дискретними станами та неперервним часом. Це окремий випадок марковського процесу. Інтегральна функція розподілу $P(t)$ для часу T_n, котрий протікає доки стануться всі n подій процесу, має вид:

$$P_t = 1 - P(T_n > t) = 1 - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}, \quad (14)$$

де λ - параметр процесу – інтенсивність відмов; k – номер дискретного стану; $P(t)$ – ймовірність того, що елемент перейде в стан k протягом часу $t < T_k$.

Для випадку лінійного графу з п'яти дискретних станів, залежність (14) має вид:

$$P_t = 1 - 0,008333 \cdot (\lambda t)^5 e^{-\lambda t} \quad (15)$$

Таким чином, при заданій інтенсивності відмов λ, залежністю (15) встановлюється зв'язок між надійністю елемента P_t в i-му стані та часом t, що пройшов від початку експлуатації до стану i = 2,...5.

Стохастична модель накопичення пошкоджень в результаті природного зносу є досить універсальною і має практичну спрямованість, як інструмент оцінки технічного стану та прогнозу залишкового ресурсу споруди. Модель виявилася в Україні затребуваною і сьогодні успішно використовується в системі експлуатації автодорожніх мостів як інструмент управління безпекою, оцінювання і прогнозування технічного стану елементів транспортних споруд.

Представлена тут альтернативна модель оцінювання і прогнозування життєвого циклу залізобетонних елементів будується в функції одного параметра - ширини розкриття нормальних тріщин [10]. Ширина розкриття тріщин, в свою чергу, є функцією параметрів фізико-механічних характеристик матеріалів елемента. У такій постановці модель може бути застосовна на всіх етапах життєвого циклу, починаючи з проектування. Завдання обмежується залізобетонними згинаними елементами мостів.

Теоретичний базис моделі містить дві гіпотези:

А. Критерієм технічного стану елемента приймається числовий параметр ширини розкриття тріщини, який слугує для кількісної інтегральної характеристикою процесу деградації.

Б. Параметр ширини розкриття тріщини є достатньо інформативним для побудови закону деградації залізобетонного згинаного елемента в функції часу.

Процес деградації - зростання ширини розкриття тріщини будемо описувати одновимірним диференціальним рівнянням:

$$\frac{dA(t)}{dt} = \gamma A(t), \quad (16)$$

де $A(t)$ - ширина розкриття тріщин, функція часу; γ - швидкість деградації, константа; t - час.

Розв'язок диференціального рівняння (16) має вид:

$$A(t) = a_0 e^{-\gamma t}, \quad (17)$$

тут a_0 - початкове значення ширини розкриття тріщин суть постійна інтегрування, яка визначається з початкової умови: при $t = 0$ $A(t) = a_0$.

Початкове значення ширини розкриття тріщин при проектуванні визначається функцією О.Я. Берга [2,6]:

$$a_0 = f_a(H, R, E, \sigma, \Psi), \tag{18}$$

де H - геометричні характеристики перерізу; R, E - фізико-механічні характеристики перетину; σ - напруження в перерізі; Ψ - коефіцієнт типу перетину.

Проектний строк експлуатації T отримаємо з розв'язку (17) поклавши $A(t) = A_{lim}$, де A_{lim} - скаляр, граничне значення ширини розкриття тріщин в експлуатації:

$$T = \frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{A_{\lim}}{a_0}\right), \tag{19}$$

Для використання в проектній практиці прогнозу (17) введемо коефіцієнт надійності як 5% квантиль нормально розподіленої змінної T:

$$T_d = T \cdot \gamma_t \tag{20}$$

де T_d – проектний строк експлуатації T елемента; γ_t – коефіцієнт надійності часу життєвого циклу.

Коефіцієнт надійності визначається залежністю:

$$\gamma_t = e^{(0{,}8 \cdot \beta \cdot V_R - 1{,}645 \cdot V_Q)} \tag{21}$$

де β - граничне значення характеристики безпеки, обчислене за характеристичною шириною розкриття тріщин $A_{\lim}$; V_R і V_Q - узагальнені коефіцієнти варіації елемента і навантаження відповідно.

Висновки. Модель, що базується на засадах фундаментальних принципів стохастичної теорії надійності є універсальною і придатна для всіх типів елементів будівельних конструкцій. Модель в цьому випадку керується одним параметром – інтенсивністю відмов. Саме цей факт є визначальною характеристикою і робить модель універсальною. З іншого боку, тільки один ймовірнісний параметр є недоліком, звужує можливості моделі як апарата керування довговічністю і потребує від дослідника не стандартних, специфічних прийомів апріорного визначення інтенсивності відмов. Один із ефективних способів визначення інтенсивності відмов був запропонований нами для нормативного документу з експлуатації автодорожніх мостів [11] і визначається експертом на основі оглядів та обстежень споруди, що знаходиться в експлуатації. Очевидно, що в такому випадку модель, в якій надійність є критерієм деградації не може застосовуватись на етапі проектування.

Представлена нова модель прогнозування технічного стану елементів автодорожніх мостів [10] базується на аналізі тріщиностійкості згинальних залізобетонних елементів може стати найбільш обґрунтованою, з точки зору фізики руйнування залізобетону, основою для розробки простого інженерного апарату прогнозування ресурсу на всіх етапах життєвого циклу, починаючи з

проектування. Очевидно, що в силу великої кількості фізико-механічних та геометричних параметрів, що входять до формули оцінки ширини розкриття тріщини, прогноз розкриття ширини є найбільш обґрунтованою формою аналізу довговічності.

Модель відкриває шлях управління ресурсом варіюючи механічні характеристики матеріалів. В системі експлуатації автодорожніх мостів запропонована модель, з єдиним керуючим параметром - шириною розкриття тріщин, дозволяє прогнозувати термін служби залізобетонних елементів мостів на всіх етапах життєвого циклу експлуатації, може значно спростити процес оцінки їх технічного стану. Недолік такої моделі один – модель придатна тільки для залізобетонних елементів.

Врахувавши наведені вище моделі, дану модель [10] можна удосконалити з урахуванням різних факторів, а саме:

1. Пошкодження конструкцій дорожнього одягу: слід враховувати вплив температурних коливань у добовому, сезонному та річному циклах, а також різні режими навантаження, які діють на транспортні споруди протягом тривалого часу. Зокрема, необхідно оцінити час дії навантаження від пневматичних коліс транспортних засобів. Це дозволить знизити ризик виникнення деформацій і пошкоджень дорожнього одягу;

2. Корозія арматури залізобетонних конструкцій – необхідно оцінити тріщиностійкість конструкцій в умовах температурних коливань та впливу транспортних навантажень, що сприяють розвитку корозійних процесів в арматурі залізобетонних прогонових будов;

3. Експлуатаційні пошкодження – важливо провести аналіз ушкоджень балок внаслідок впливу температури та корозії металу, що впливає на загальний стан конструкцій та їх довговічність;

4. Оцінка надійності – доцільно врахувати пошкодження бетону, спричинені впливом надзвичайних ситуацій (наприклад, вибухів) для комплексної оцінки надійності та безпеки конструкцій.

Такий підхід до оцінки дозволить глибше оцінити технічний стан конструкцій, виявити найбільш критичні зони та підвищити ефективність заходів з підтримки та відновлення дорожньої інфраструктури.

Перелік послань

1. А.М. Онищенко, А.І. Лантух-Лященко, А.В. Мішутін, В.П. Снитко, І.О. Твардовський, М.В. Здольник Теоретичні та практичні методи оцінювання надійності і довговічності транспортних споруд: монографія/. Київ:, 2024. 164 с. ISBN 978-617-555-2339 https://doi.org/10.32751/Mono_otsin2024

2. А.М. Онищенко, А.І. Лантух-Лященко, О.О. Давиденко, М.В. Гаркуша, О. І. Риковець Надійність та довговічність транспортних і гідротехнічних споруд: навчальний посібник /. Київ, 2024. 188 с. ISBN 978-617-555-222-3, https://doi.org/10.32751/Mono_nadiy2024

3. А.М. Онищенко, Д.В. Кот, І.В. Башкевич. Теоретичні та практичні методи проєктування залізобетонної плити проїзної частини з незмінними опалубками на транспортних спорудах: монографія / Київ:, 2024. 476 с., https://doi.org/10.32751/Mono_plyty2024

4. Давиденко О.О. Моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів/: дис. канд. техн. наук: 05.23.17 Давиденко Олександр Олександрович

5. European Standard EN 1990:2002 Eurocode 1: Basis of structural design, Brussels: European Committee for Standardization, 119 p., 2001.

6. А.І. Лантух-Лященко Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами, Збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво», Київ, 57, стр.183-188, 1999.

7. А.М. Онищенко, Л.Л. Янчук, І.В. Башкевич, З.М. Найдьонова, А.В. Коротич, О.В. Здольник Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності транспортних і гідротехнічних споруд. /. Київ: НТУ, 2023. -152 с. ISBN 978-617-676-199-0

8. Panasyuk, V.V. “Mekhanika razrusheniya i prochnost' materialov: Spravochnoe posobie v 4–kh tomakh” (Fracture Mechanics and strength of materials: A Reference Guide to 4 volumes), Kyiv: Naukova dumka, 620 p., 1988.

9. ISO 2394: 2015: General principles on reliability for structures (4th ed.), Genève: International Organization for Standardization, 110 p., 2015.

10. Lantukh-Lyashchenko A.I. “Novaya model' prognoza zhiznennogo tsikla zhelezobetonnykh elementov mostov” (The new model prediction the lifecycle of reinforced concrete elements of bridges), Zbirnyk Suchasni problemi tekhnichnogo regulyuvannya u budivnitstvi, Kyiv, 2, pp. 33-40, 2016.

11. Ukrainian State Standard DSTU-N B V.2.3-23:2012: Instruction of estimate and prediction of technical state of highway bridges, Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 42 p., 2012.

ANALYSIS OF EXISTING DEGRADATION CRITERIA IN PREDICTING THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT STRUCTURES

Artur Onyshchenko, D.Sc. (Doctor of Engineering Sciences), Professor, Head of the Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic structures, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, tel. +380687771899, https://orcid.org/0000-0002-1040-4530

Davydenko Oleksandr, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua, tel .+380504713399, http://orcid.org/0000-0003-0176-3256

Dukhnenko Yana, PhD student, Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures, National Transport University, e-mail: yana.duhnenko@gmail.com, tel. +380638352205, https://orcid.org/0009-0007-8742-7718

Abstract. The article is dedicated to the urgent issue of managing the reliability and durability of transport structures. Modern scientific approaches to assessing the technical condition of transport structures, based on the analysis of the degradation of elements throughout their life cycle, are considered. The article presents the advantages and disadvantages of the most common models for predicting the technical condition of building structures. Each model applies a characteristic degradation criterion for the structure: load-unload cycle, accumulation of a critical amount of chlorides, intensity coefficient, geometric parameter(s) of cracks in the material, reliability, etc. The issue of selecting the control parameter for the life cycle model of bridge elements is analyzed. The theoretical basis for the model of damage accumulation and the degradation model based on the physical and mechanical characteristics of the material is formulated. Depending on the stage of the life cycle, the appropriate type of prediction model is proposed. The prediction model for the technical condition of bridges adopted in the regulatory documents of Ukraine is discussed.

Keywords: degradation criterion, chains, reliability, transport structures, crack resistance.

References

1. A.M. Onyshchenko, A.I. Lantukh-Lyashchenko, A.V. Mishutin, V.P. Snytko, I.O. Tvardovsky, M.V. Zdolnyk. Theoretical and Practical Methods of Assessing the Reliability and Durability of Transport Structures: Monograph. Kyiv, 2024. 164 pages. ISBN 978-617-555-2339 https://doi.org/10.32751/Mono_otsin2024

2. Onyshchenko A.M., Lantukh-Lyashchenko A.I., Davydenko O.O., Garkusha M.V., Rikovtsev O.I. Reliability and Durability of Transport and Hydraulic Structures: Textbook /. Kyiv, 2024. 188 pages. ISBN 978-617-555-222-3, https://doi.org/10.32751/Mono_nadiy2024

3. A.M. Onyshchenko, D.V. Kot, I.V. Bashkevich. Theoretical and Practical Methods for Designing a Reinforced Concrete Deck Slab with Permanent Formwork on Transport Structures: Monograph. Kyiv, 2024. 476 pages, https://doi.org/10.32751/Mono_plyty2024

4. Davydenko O.O. Modeling of the life cycle of road bridges/: dissertation. Ph.D. technical Science: 05.23.17 Davydenko Oleksandr Oleksandrovych

5. European Standard EN 1990:2002 Eurocode 1: Basis of structural design, Brussels: European Committee for Standardization, 119 p., 2001.

6. Lantukh-Lyashchenko, A.I. Estimation of the reliability of the construction on the model of a random Markov process with discrete states, Zbirnyk Avtomobil'ni dorogy i dorozhnje budivnyctvo, Kyiv, 57, pp. 183-188, 1999. (in [Ukrainian])

7. A.M. Onyshchenko, L.L. Yanchuk, I.V. Bashkevich, Z.M. Naidonova, A.V. Korotych, O.V. Zdolnyk. Methods for Increasing Corrosion Resistance and Durability of Transport and Hydraulic Structures. Kyiv: NTU, 2023. 152 pages. ISBN 978-617-676-199-0

8. Panasyuk, V.V. “Mekhanika razrusheniya i prochnost' materialov: Spravochnoe posobie v 4–kh tomakh” (Fracture Mechanics and strength of materials: A Reference Guide to 4 volumes), Kyiv: Naukova dumka, 620 p., 1988.

9. ISO 2394: 2015: General principles on reliability for structures (4th ed.), Genève: International Organization for Standardization, 110 p., 2015.

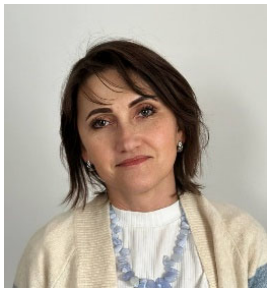
10. Lantukh-Lyashchenko A.I. “Novaya model' prognoza zhiznennogo tsikla zhelezobetonnykh elementov mostov” (The new model prediction the lifecycle of reinforced concrete elements of bridges), Zbirnyk Suchasni problemi tekhnichnogo regulyuvannya u budivnitstvi, Kyiv, 2, pp. 33-40, 2016.

11. Ukrainian State Standard DSTU-N B V.2.3-23:2012: Instruction of estimate and prediction of technical state of highway bridges, Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 42 p., 2012.

УДК 625.7/.8 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-092-101**
UDK 625.7/.8

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ АРМОГРУНТОВОЇ ПІДПІРНОЇ СТІНКИ НА СЛАБКІЙ ОСНОВІ

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STABILITY OF A REINFORCED SOIL RETAINING WALL ON A WEAK BASE



Усиченко Олена Юріївна, *кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: fbbk@ukr.net, тел. +380442803942*

https://orcid.org/0000-0002-7482-8420



Плитус Ростислав Михайлович, *аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет,, інженер за напрямом проєктування та інжинірингу, ТОВ «Уніпром», Київ, Україна, e-mail: rostmuh@gmail.com, тел. +380683023326*

https://orcid.org/0000-0001-7319-4094

Анотація. У дослідженні було проаналізовано ефективність використання сучасних армоґрунтових конструкцій, зокрема георешіток і стабілізуючих геоматрасів, для забезпечення стійкості та надійності дорожніх конструкцій. Наведено етапи проведеного дослідження щодо проектування та застосування стабілізуючого геоматрасу для підсилення насипу підходу шляхопроводу у вигляді армоґрунтової підпірної стінки на реальному об'єкті. Враховуючи значну висоту армоґрунтової конструкції (9 метрів), було виконано підсилення слабкої основи із застосуванням стабілізуючого геоматрасу. Така стабілізація стала альтернативою стандартним методам будівництва на слабких ґрунтах. Використання геосинтетичного стабілізуючого матрасу забезпечило рівномірне осідання армоґрунтової конструкції.

Результати моніторингу підтвердили, що ці методи забезпечують високу стійкість конструкцій і оптимізацію будівельних витрат, що робить їх ефективним рішенням для використання в дорожньому будівництві.

Ключові слова: армоґрунтові конструкції, георешітки, геосинтетичні матеріали, стабілізація ґґрунтів, посилення слабкої основи, підпірна стінка, геоматрас.

Вступ. Армоґрунтові підпірні стінки є одним із ефективних рішень для заміни традиційних підпірних конструкцій транспортних споруд. Вони забезпечують стійкість і довговічність дорожніх конструкцій завдяки поєднанню ґрунтових матеріалів з арматурними елементами у вигляді геосинтетичних матеріалів. Це дозволяє зменшити осідання, розподіляти навантаження рівномірніше та запобігати зсувам. Особливо актуальним є використання армоґрунтових технологій на слабких основах, де традиційні методи зміцнення можуть виявитися недостатньо ефективними або надто витратними. Завдяки поєднанню властивостей ґрунту та міцності армуючих матеріалів, такі підпірні стінки здатні адаптуватися до змін ґрунтових умов і забезпечувати стійкість конструкції. Обмежений досвід застосування таких конструкцій в Україні вимагає індивідуального проектування та експериментального підтвердження надійності, особливо на ділянках з підвищеними ризиками деформацій.

Авторами аналізувалися результати дослідження конструкційної стабільності армоґрунтової підпірної стінки, яка була побудована на ділянці автомобільної дороги загального користування державного значення М12. Ця дорога є важливою транспортною артерією мережі автомобільних доріг України.

Ділянка будівництва характеризується наявністю слабких ґрунтів, що підвищує ризики деформацій та осідань.

Метою дослідження було оцінити ефективність використання армоґрунтових підпірних конструкцій на слабкій основі для забезпечення надійності та довговічності дорожньої конструкції. Роботи виконувались на замовлення Служби автомобільних доріг у Кіровоградській області. Будівельні роботи виконувалися за участі спеціалізованих організацій. Проєктування підпірної стінки та моніторинг за станом конструкції проводився ТОВ «НТЦ «Дорінжнаука». Будівельні роботи тривали з квітня до грудня 2022 року. Моніторинг стану конструкції розпочався у березні 2023 року і тривав до жовтня 2024 року. Протягом цього періоду було зібрано дані про поведінку конструкції під впливом експлуатаційних навантажень, зокрема досліджувалися процеси осідання армоґрунтового блоку. Ці дані дали можливість зібрати вихідні дані для подальшого аналізу поведінки конструкції під впливом експлуатаційних навантажень, що є важливим для визначення довговічності та стійкості таких споруд.

Виклад основного матеріалу.Будівництво транспортних споруд на слабких основах створює багато проблем при проєктуванні та будівництві. По-перше, таке будівництво завжди пов'язане з високими витратами, а по-друге, значно збільшуються терміни виконання робіт. Традиційні методи підвищення несної здатності основи шляхом видалення слабкого ґрунту і заміни його більш міцними матеріалами або влаштування пальового поля не завжди реалізуються на практиці і, як правило, є економічно недоцільними. Сучасні технології дозволяють вирішити проблему слабких основ і при цьому значно скоротити терміни будівництва та отримати відчутну фінансову економію [1-3]. Несна здатність основи може бути підвищена або за рахунок зниження рівня ґрунтових вод у водонасичених ґрунтах або за рахунок попереднього доущільнення ґрунтів основи (Dobby, 2011) [4]. На поточний час розроблено методику проектування та будівництва високих насипів на слабких основах із застосуванням геосинтетичних матеріалів. Більшість методів розрахунку армованих ґрунтових споруд базуються на методі граничної рівноваги. Розрахунки армування ґрунту виконуються в два етапи. Етап 1 включає аналіз загальної (зовнішньої) стійкості конструкції, в результаті якого визначаються габаритні розміри армованої земляної конструкції і довжина георешітки в армованому ґрунті з урахуванням класу наслідків (відповідальності) споруди. Це, по суті, аналіз гравітаційної підпірної

стіни на зсув, перекидання та втрату несної здатності. Аналіз загальної міцності конструкції виконується за методом круглоциліндричних поверхонь ковзання або за методом Г.М. Шахунянца [5]. Етап 2 – аналіз місцевої (внутрішньої) стійкості (метод подвійного клину), в якому перевіряється міцність георешіток, вертикальний крок армування, а також міцність з'єднань георешіток з облицюванням. При будівництві в сейсмічних районах аналіз стійкості повинен враховувати сейсмічні впливи. Розрахункова схема відповідно до етапу 2 умовно поділяється на два клина (рис. 1а), а саме: Клин 1 (без армування) і Клин 2 (армована частина ґрунтового масиву).

Суть етапу 2 – переконатися, що опір який створюється облицюванням і геосинтетичним армуванням Клину 2, є достатнім, щоб уникнути локальної (внутрішньої) втрати стійкості конструкції.

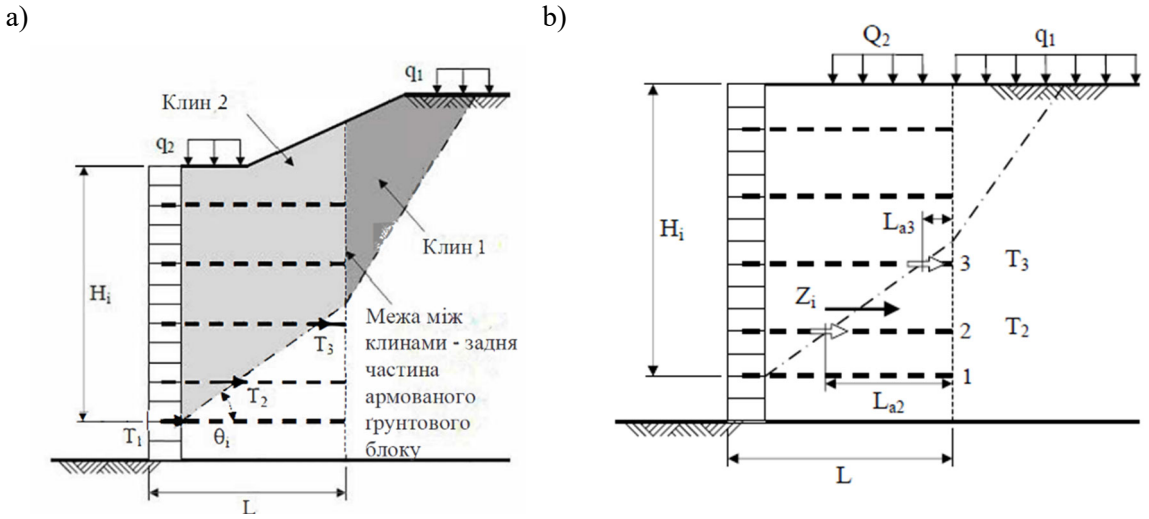


Рисунок 1 **–** Аналіз внутрішньої стійкості згідно з етапом 2: а - поділ схеми на два клини; б - сили, що діють на конструкцію. Умовні позначення на рисунку 1 відповідають опису програмного коду TensarSlope версії 1.13.

Figure 1 **–** Analysis of internal stability according to stage 2: a - division of the scheme into two wedges; b - forces acting on the structure. The symbols in Figure 1 correspond to the description of the TensarSlope program code version 1.13.

Для вивчення інженерно-геологічних умов ділянки реконструкція шляхопроводу на км 759+149 автомобільної дороги загального користування державного значення М-12 Стрий-Тернопіль-Кропивницький-Знам'янка (через м. Вінницю), були виконані польові, лабораторні та камеральні дослідження. Згідно з планом, перед початком бурових робіт на ділянці була зведена основа армоґрунтової конструкції з піщано-суглинкового матеріалу. Абсолютні відмітки поверхні земляного полотна в районі шляхопроводу коливаються в межах 214,40-218,90 м. Висота насипу на підходах до шляхопроводу 6,0-6,5 м. Відмітки поверхні землі за межами земляного полотна 203,10 – 211,78 м. За інженерно-геологічними умовами район робіт відноситься до II категорії складності. В геологічній будові території вишукувань до розвіданої глибини 29,0 м приймають участь сучасні та четвертинні утворення, а також відклади неогену. Сучасні відклади представлені елювіальними ґрунтами (eH), четвертинна система представлені еолово-делювіальними утвореннями (vd PIII-H), в нижній частинні

розрізу залягають відклади верхнього та нижнього неогену (N2 – N1). Насип автомобільної дороги (підходів до шляхопроводу) складений техногенними ґрунтами (tH).

Під час польових робіт на ділянці було пробурено 6 свердловин глибиною 10 м з відбором зразків ґрунту. Відповідно до загальних вимог до методів визначення характеристик ґрунтів, в геотехнічній лабораторії були визначені фізико-механічні властивості ґрунтів, а також виконано хімічний аналіз ґрунтових вод. На основі камеральної обробки даних польових і лабораторних досліджень з використанням матеріалів вишукувань, виконаних на цій території в попередні роки, виділено інженерно-геологічні елементи (ІГЕ) і складено звіт з відповідними текстовими і графічними додатками (рис. 2).

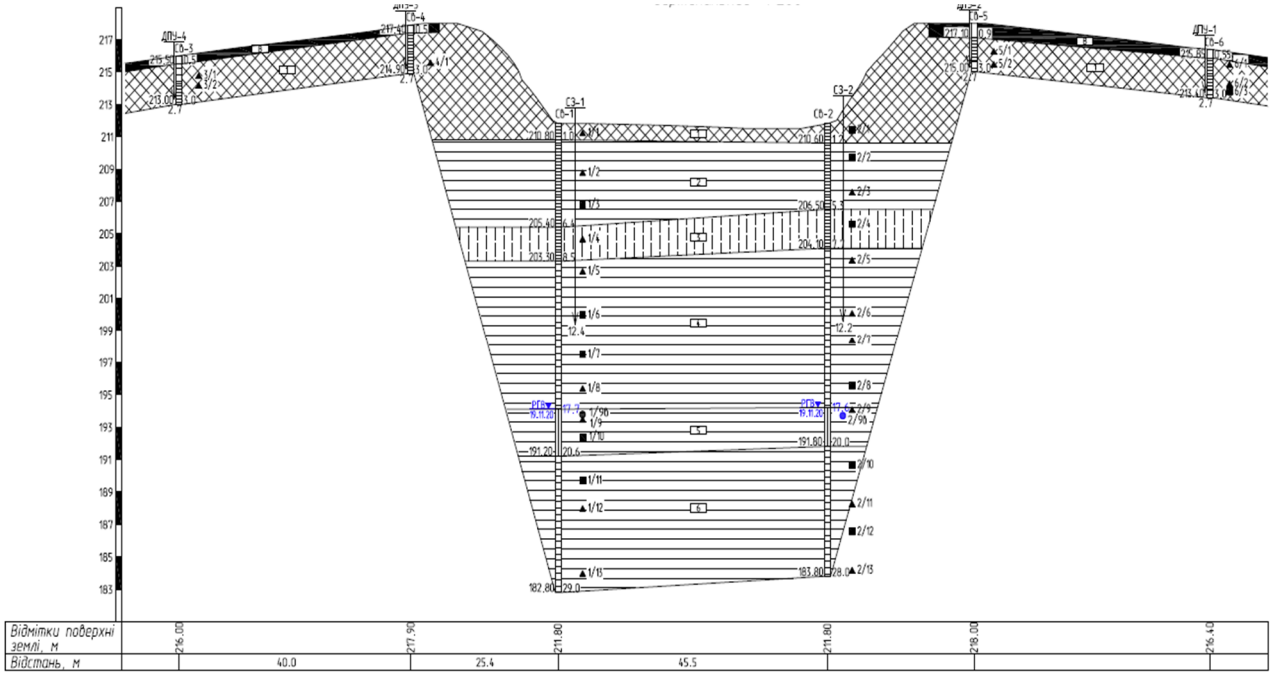


Рисунок 2 – Профіль та опис ґрунту.
Figure 2 – Soil profile and description.

На ІГЕ відображені техногенні відклади: 1 - насипний ґрунт - суглинок важкий пилуватий, буро-коричневий, сіро-коричневий, твердий з прошарками напівтвердого, з прошарками глини 15-20%, подекуди з включенням дресви до 10%; 35в; 2 - глина легка пилувата, буро-коричнева, тверда, з включенням карбонатів до 5% (слабонабухаюча); 35в: 3 - суглинок легкий пилуватий, лесовидний, палево-жовтий, твердий, з включенням карбонатів до 5%; 35в; 4 - глина легка пилувата, буро-коричнева, коричнева, напівтверда, з включенням карбонатів до 5% (середньонабухаюча); 8д ; 5 - глина легка пилувата, коричнева, жовто-коричнева, тугопластична, з включенням карбонатів до 5%; 8б ; 6 - глина важка, сіра, коричнево-сіра, з вохристими і бурими плямами, напівтверда, з включенням залізо-марганцевих бобовин та кристалів гіпсу до 5% (середньо- та сильнонабухаюча); 8д.

Аналіз фізико-механічних характеристик ґрунтів показує, що природні ґрунти не можуть слугувати основою земляного полотна автомобільної дороги та армоґрунтової конструкції, оскільки деформації цих ґрунтів під дією розподіленого навантаження від автомобільного руху будуть дуже високими. Деформації призведуть до нерівномірного осідання армоґрунтової конструкції та

руйнування дорожнього одягу. Через фактичні фізико-механічні характеристики ґрунтів та інші умови, природний рельєф не може слугувати хорошою основою для армоґрунтової конструкції висотою 9 м. Складні гідрологічні умови вимагають трансформації початкових фізико-механічних властивостей ґрунту основи шляхом укріплення ґрунту геосинтетичним стабілізуючим матрасом з метою зменшення деформацій та рівномірному осіданню конструкції майбутньої автомобільної дороги. Для цього обрано рішення по влаштуванню геосинтетичного стабілізуючого геоматрасу TENSAR. Це плоска структура, що складається з базової гексагональної георешітки TriAx 170, яка укладається безпосередньо на слабкий шар ґрунту та засипається інертним матеріалом (щебінь фр.20-40).

Стійкість, просідання і час консолідації армоґрунтової конструкції висотою 9 метрів проаналізовано відповідно до даних ІГЕ для свердловини № 1 на ділянці дороги М12 на підходах до шляхопроводу. Просідання та час консолідації насипу проаналізовано для тиску 0,20 МПа.

Для перевірки стійкості та стабільності конструкції було виконано ряд розрахунків, які перевіряють стабільність як самого блоку армоґрунтової конструкції (Tensar WALL) так і міцність ґрунтової основи (Tensar SLOPE).

Загальна просадка армоґрунтової конструкції згідно розрахунку становить S = 0,168 м. Всі характеристики шарів ґрунту, взятих для аналізу, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 **–** Характеристики шарів грунту

Table 1 **–** Characteristics of soil layers

№ п/п	Шар грунту	Товщина шару, (м)	Кут внутрішнього тертя φ, (градусів)	Питома вагаγ, (Кн/м³)	Модуль деформації Е, (МПа)	Питоме щеплення с, (кПа)
1	ІГЕ 0	9,0	28	19,0	25	5
2	ІГЕ 1	1,0	20	19.5	20	31
3	ІГЕ 2	5,4	16	18.6	21	54
4	ІГЕ 3	2,9	18	18,9	12	20
5	ІГЕ 4	4,9	20	19,7	23	61
6	ІГЕ 5	7,8	17	19.6	15	50
7	ІГЕ 6	8,4	19	20,0	25	67

Перевірку стійкості блоку армоґрунтової конструкції було виконано з використанням комерційного програмного забезпечення (програмний код TensarWall версії 1. 13).

Також розрахунки проводились засобами комерційного програмного забезпечення TensarSlope версії 1. 13. Проведено такі розрахунки:

1) аналіз загальної стійкості армоґрунтової конструкції з стабілізуючим геоматрасом в основі;
2) аналіз загальної стійкості;
3) аналіз просідання основи армоґрунтової конструкції без стабілізації;
4) аналіз зниження напружень по підошві армоґрунтової конструкції при влаштуванні стабілізуючого геоматрасу в основі;
5) аналіз консолідації ґрунту основи армоґрунтової конструкції без стабілізації основи;
6) аналіз консолідації основи для армоґрунтової конструкції з влаштуванням стабілізуючого геоматрасу в основі

На рисунках 3 та 4 представлені розрахункові схеми відповідних розрахунків (TENSAR WALL та TENSAR SLOPE).

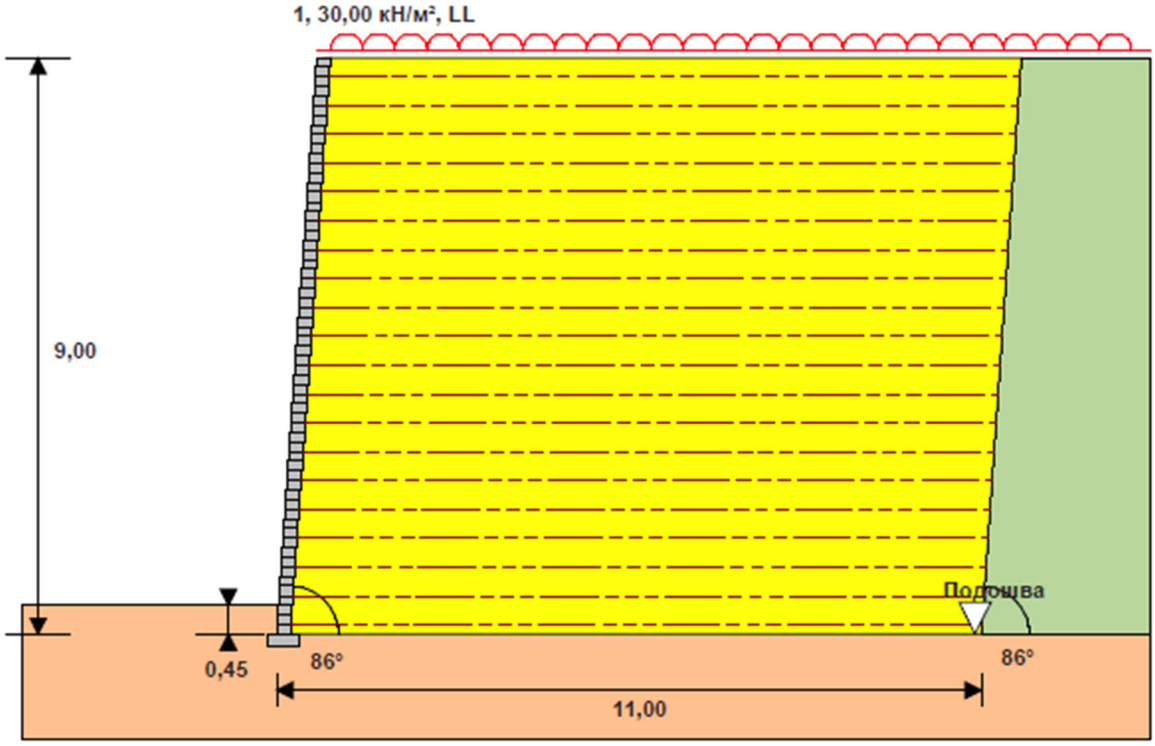


Рисунок 3 – Розрахункова схема блоку армоґрунтової конструкції (метод Бішопа, статичний аналіз, TENSAR WALL).

Figure 3 – Design scheme of the block of reinforced soil structure (Bishop's method, static analysis, TENSAR WALL)

Аналіз показує, що відношення зсувного моменту до утримуючого опору становить 1,577 вздовж кривої № 1 (Fmin, рис. 4) і 2,078 (Fmax, рис. 4) вздовж кривої № 2. Такі значення коефіцієнта запасу міцності отримано за рахунок влаштування стабілізуючого геоматрацу. Принцип роботи такої конструкції полягає в тому, що механізм руйнування по круглоциліндричним поверхням ковзання не є критичним фактором. Основним критерієм стійкості є міцність на зсув геоґратки в матрасі, яка максимально мобілізується при використанні геоматрацу Tensar. Сформований і покладений в основу насипу геоматрац утримує вищерозміщені шари ґрунту від зсувів в процесі будівництва і після його завершення до тих пір, поки слабкі ґрунти основи не наберуть достатньо високих механічних характеристик за рахунок консолідації і не перестануть пластично деформуватися. Застосування георешітки Tensar TriAx марки 170 та 160 забезпечує зменшення просідань та робить їх більш рівномірними.

Після зведення стабілізуючого геоматрасу, було споруджено армоґрунтову підпірну стінку в проєктну висоту. По завершенню основних будівельних операцій з зведенням армогрунтової конструкції поверх стабілізуючого геоматраса, було відкрито рух автомобілів.

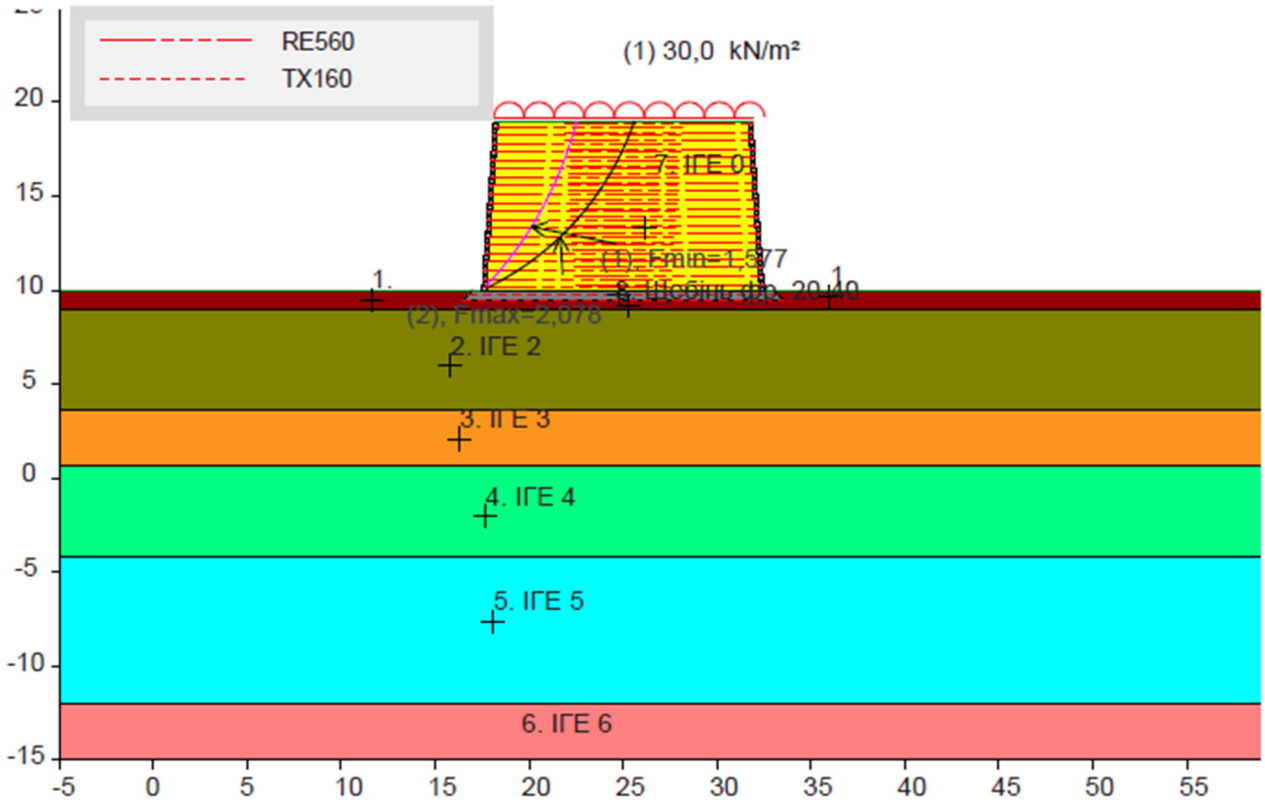


Рисунок 4 – Розрахункова схема армоґрунтової конструкції зі стабілізуючим геоматрасом (метод Бішопа, статичний аналіз) (TENSAR SLOPE)

Figure 4 – Design scheme of a reinforced soil structure with a stabilizing geomat (Bishop's method, static analysis) (TENSAR SLOPE)

Щодо технології улаштування геосинтетичного стабілізуючого матрасу. Процес будівництва виконується у два етапи. На першому етапі виконується підготовка основи та укладається георешітка. Другий етап передбачає засипку кам'яним інертним матеріалом, та його подальше укочування. Після цього операція повторюється до виходу на проєктну висоту геосинтетичного стабілізуючого матрасу. Загалом проєктом було передбачено влаштування 2 шарового геоматрасу з георешітками Tensar TriAx 170 та 160 та щебеню фракції 20-40. Георешітка була укладена вздовж осі котловану з перекриттям суміжних полотен не менше, ніж на 50 см. Це забезпечило рівномірний розподіл навантажень на ґрунтову основу. Усі роботи проводилися на будівельному майданчику в суворій відповідності до технічних вимог.

Під час введення армоґрунтової конструкції в експлуатацію починаються процеси стабілізації, що включають осідання ґрунту і перерозподіл внутрішніх напружень. Георешітка, яка укладена в конструкцію, забезпечує зчеплення ґрунту та зменшення зсувів, підвищуючи стійкість. Деформативно-напружений стан стінки включає горизонтальні та вертикальні деформації, які поступово зменшуються під час експлуатації. Блоки облицювання сприймають тиск від ґрунту та частково компенсують деформації. Осідання конструкції відбувається повільно, з найбільшими змінами на початковому етапі, поступово знижуючись з часом.



Рисунок 5 **–** влаштування георешітки Tensar TriAx
Figure 5 **–** Tensar TriAx geogrid arrangement



Рисунок 6 **–** засипання георешітки кам'яним інертним матеріалом
Figure 6 **–** filling the geogrid with stone inert material



Рисунок 7 **–** укочування шару механізацією
Figure 7 **–** rolling the layer by mechanization

Для підтвердження надійності армоґрунтової конструкції, після введення її в експлуатацію було проведено натурні геодезичні спостереження. Моніторинг осідання армоґрунтового блоку здійснювався кожних шість місяців (навесні та восени) протягом двох років.

За результатами моніторингу було виявлено, що сумарне осідання армоґрунтової конструкції склало 0,0338 м/рік, що відповідає нормативним вимогам. Завдяки використанню стабілізуючого геоматраса, було досягнуто стійкості конструкції висотою 9 метрів, що дозволило успішно завершити будівельні роботи відповідно до будівельних норм України. Армоґрунтова конструкція продемонструвала високу експлуатаційну надійність під час активного навантаження автомобільним транспортом, що підтверджує ефективність застосованої технології укріплення.

Отримані дані підкреслюють важливість моніторингу та підтверджують доцільність використання армоґрунтових конструкцій для забезпечення надійності доріг державного значення.

Висновки

1. Було проаналізовано ефективність використання армоґрунтових підпірних конструкцій на автомобільній дорозі державного значення М-12 з акцентом на стабільність та осідання конструкції протягом 2-х років експлуатації. Результати моніторингу показали, що осідання армоґрунтового блоку становило 0,0338 м/рік, що відповідає нормам та підтверджує ефективність застосованих методів зміцнення з використанням георешіток та стабілізуючого геоматрасу.

2. Виконано валідацію практичного використання армогрунтових конструкцій з використанням сучасних матеріалів. Запропоновані рішення показали не лише високу стійкість конструкції, але й забезпечили оптимізацію процесу будівництва та економічну вигоду за рахунок зменшення обсягів використаних будівельних матеріалів.

3. Встановлено, що технологія використання стабілізуючого геоматрасу дає можливість зменшити загальні деформації та осідання конструкції, що підкреслює необхідність ширшого впровадження таких технологій в практику дорожнього будівництва.

4. Результатами проведених моніторингових досліджень підтверджено підвищення надійності конструкції що дозволяє рекомендувати використання армоґрунту) як довгострокове вирішення проблеми забезпечення стабільності доріг.

5. Подальші дослідження армогрунтових конструкцій дозволять розроблення нових технологічних підходів у будівництві доріг, демонструючи ефективність їх реалізації на практиці.

Перелік посилань

1. A. McGown & S.F. Brown «Applications of reinforced soil for transport infrastructure» Book Advances in Transportation Geotechnics, 1st Edition 2008, eBook ISBN9780429207280;

2. Kumar B. Joynul A. Soumadeep B. Economic and Financial Analysis for Reinforced Soil Wall in Submerged Condition Journal of US-China Public Administration, Jan.-Feb. 2024, Vol. 21, No. 1, 8-19 doi: 10.17265/1548-6591/2024.01.002.

3. Primož Jelušič* and Bojan Žlender «Multi-objective optimization of geosynthetic reinforced soil structures» E3S Conf.Volume 569, 2024 GeoAmericas 2024 - 5th Pan-American Conference on Geosynthetics, Article Number 07003;

4. Добі, М. Д. Д. 2011. Внутрішня стійкість армованих ґрунтових конструкцій з використанням двокомпонентного клинового методу. 9-та Індонезійська геотехнічна конференція та 15-ті щорічні наукові збори; Тез. доп. міжнар. конф. м. Джакарта, 7-8 грудня 2011 р.

5. Терзагі, К., Пек, Р.Б. 1996. Механіка ґрунтів в інженерній практиці, 3-тє видання. Нью-Йорк: John Wiley & Sons, Inc.

6. TENSAR Режим доступу: https://www.tensarcorp.com/

7. Будівельні норми України. ДБН В.1.1-12:2006. 2006. Будівництво в сейсмічних районах України. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6614

8. Будівельні норми України. ДСТУ Б В.2.1-3-96. 1996. Основи і фундаменти будівель та споруд. Ґрунти. Лабораторні випробування. Терміни [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=4079.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STABILITY OF A REINFORCED SOIL RETAINING WALL ON A WEAK BASE

Usychenko Olena Y., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, e-mail: fbbk@ukr.net, tel. +380503114182, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Omelyanovycha-Pavlenka str., bldg. 218, orcid.org/0000-0002-7482-8420

Plytus Rostyslav M., postgraduate student, National Transport University, e-mail: rostmuh@gmail.com, tel. +380683023326, Ukraine, 01042, Kyiv, 32, John McCain Str., orcid.org/0000-0001-7319-4094

Summary. The purpose of the proposed article is to describe a practical example, experimental and theoretical analysis of strengthening weak soils with geogrids in the base based on field studies of a reinforced soil structure near an overpass. The authors present practical data from field studies of settlement of a reinforced soil structure reinforced with a stabilizing geogrid. The actual data of monitoring the settlement of the structure during two years of operation are presented. The calculated and actual data on the structure near the overpass at km 759+149 of the public road of national importance M-12 are analyzed.

Sufficient previous experience in the design of ground structures with geosynthetic reinforcement with geogrids makes it possible to monitor facilities during operation, and a more detailed understanding of the mechanics of operation and calculation methods for such structures allows for the improvement and optimization of such structures at the design stage through monitoring work. The authors have proven that the use of a stabilizing mattress under a 9-meter-high reinforced concrete structure allowed for uniform settlement of the structure and to predict settlement processes during the commissioning of the structure. Clear field data on the settlement of the structure are provided, which have minimal discrepancies with the calculated ones.

Such a monitoring approach allows optimizing design solutions, which may reduce the overconsumption of geogrids in reinforced soil structures, and optimizing design parameters, namely the reinforcement pitch and the length of the reinforcing layer, which affects the project cost and labor intensity of the work.

Keywords: reinforced soil structures, geogrids, geosynthetic materials, soil stabilization, strengthening of weak foundations, retaining wall, geomattress.

References

1. A. McGown & S.F. Brown "Applications of reinforced soil for transportation infrastructure" Book Advances in Transportation Geotechnics, 1st Edition 2008, eBook ISBN9780429207280;
2. Kumar B. Joynul A. Soumadeep B. Economic and Financial Analysis for Reinforced Soil Wall in Submerged Condition Journal of US-China Public Administration, Jan.-Feb. 2024, Vol. 21, No. 1, 8-19 doi: 10.17265/1548-6591/2024.01.002.
3. Primož Jelušič* and Bojan Žlender "Multi-objective optimization of geosynthetic reinforced soil structures" E3S Conf.Volume 569, 2024 GeoAmericas 2024 - 5th Pan-American Conference on Geosynthetics, Article Number 07003;
4. Dobie, M. D. D. 2011. Internal stability of reinforced soil structures using a two-component wedge method. 9th Indonesian Geotechnical Conference and 15th Annual Scientific Meeting; Proceedings of the international conference. Jakarta, December 7-8, 2011.
5. Terzaghi, K., Peck, R.B. 1996. Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
6. TENSAR Access mode: https://www.tensarcorp.com/.
7. Building codes of Ukraine. DBN V.1.1-12: 2006. 2006. Construction in seismic areas of Ukraine. Access mode: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6614.
8. Construction norms of Ukraine. DSTU B.2.1-3-96. 1996. Bases and foundations of buildings and structures. Soils. Laboratory tests. Terms [Electronic resource]. Access mode: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=4079.

УДК 625.7/.8 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-102-115**
UDC 625.7/.8

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТОНКОШАРОВОГО ПЛАСТБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ЗАЛІЗОБЕТОННІЙ ПЛИТІ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ

CALCULATION METHOD OF THIN LAYER PLASTIC CONCRETE COATING ON REINFORCED CONCRETE SLAB OF ROADWAY SECTION OF HIGHWAY BRIDGES FOR DURABILITY



Федоренко Олександр Володимирович, *Генеральний директор комунальної корпорації «Київавтодор», Київ, Україна, e-mail: 50281@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0002-3464-597X

Анотація: В роботі розглянуто основні принципи розрахунку тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонній плиті проїзної частини автодорожніх мостів на довговічність з урахуванням вітчизняного та Європейського досвіду та країн Світу. Запропоновано методику розрахунку тонкошарового покриття на мостах враховує термореологічні властивості пластбетону, використовуючи положення кінетичної теорії міцності твердих тіл і базуючись на принципах Пальгрена-Майнера та Бейлі про суперпозицію пошкодження структури пластбетону протягом строку експлуатації при негативній спільній дії найбільш впливових факторів , це дозволило розробити критерій граничного стану тонкошарового покриття яка базується із пластбетону. Наведені аналітичні розрахунки для визначення горизонтальних нормальних напружень, що виникають в тонкошаровому пласт бетонному покритті на мостах від впливу усадки пластбетону, зміни (сезонних річних та добових) температур та дії пневматичних коліс транспортних засобів.

Наведено аналітичні залежності для складових критерію граничного стану та оцінки строку служби тонкошарового покриття на мостах, а саме: міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетоного покриття від усадки (M_{Yc}); міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетоного покриття від дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів (M_{Tp}); міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетоного покриття від зміни температури відповідного сезону (M_T). Дані аналітичні рішення дозволили оцінювати розрахунковий (очікуваний) строк служби ($T_{роз}$) тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах, а саме: строк служби ($T_{роз}$) – це співвідношення гранично допустимого значення показника міри вичерпування довговічності ($M_{ВД}=1$) до суми міри вичерпування тонкошарового покриття від спільного впливу усадки пластбетону, зміни температур та дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів, що в свою чергу більше або рівне нормативному строку служби ($T_н=15$ **років**) тонкошарового пластбетонного покриття на автодорожніх мостах.

Ключові слова: автодорожній міст, тонкошарове покриття; пластбетон, покриття, довговічність, усадка, температура, навантаження, міра вичерпування.

Вступ. Забезпечення довговічності та зменшення власної ваги дорожнього покриття на залізобетонних автодорожніх мостах є завжди актуальним питанням в усьому світі [1-12]. Як відомо найбільш поширеним на автодорожніх мостах автомобільних доріг є асфальтобетонні покриття на залізобетонній основі. Збільшення строку служби дорожнього покриття на таких спорудах є однією із актуальних задач дорожньої галузі України. Як відомо на зменшення строку служби (довговічності) дорожнього покриття на залізобетонних транспортних спорудах впливає комплекс таких негативних факторів, як: різні модулі пружності залізобетонної основи та асфальтобетонного покриття; різниця коефіцієнтів лінійного температурного розширення; навантаження від коліс транспортних засобів; коливання температури; перемінне заморожування-відтавання води в порах і ушкоджених місцях, тощо. Окрім того, асфальтобетонне покриття на автодорожніх мостах швидше руйнується у порівнянні із тонким пластбетонним покриттям. Тому
питанням зменшення ваги дорожнього покриття на мостовому полотні автодорожніх мостів є досить актуальним тому, що зменшення навантаження на полотно прогонової будови завжди турбувало інженерів проектантів та будівельників і для її реалізації завжди були запропоновані різні рішення [8-12]. Зниження навантаження, по-перше, пропонувалося забезпечувати шляхом зменшення ваги плити проїзної частини , балки (залізобетонної), а по-друге, шляхом зниження ваги дорожнього покриття, що влаштовується на плиті проїзної частини. Розробка систем тонкошарових покриттів на основі полімерних матеріалів для автодорожніх мостів з залізобетонною та металевою плитою проїзної частини не тільки актуальна у світлі вищесказаного, але й перспективна [1-12]. Проблема отримання покриттів із такими властивостями із стандартного асфальтобетону не могла бути вирішена. Тому за кордоном (Франція, Бельгія, Канада, Швеція) вже протягом двох десятків років застосовують системи тонкошарових полімерних покриттів на основі поліметилметакрилату (ПММА) [1-3, 10-12]. Яу відомо з даних, що покриття фактично має механічні та фізико-хімічні характеристики, що значно перевищують нормативні. Механічні та фізико-механічні властивості покриття на основі ПММА дозволяють витримувати циклічне навантаження від впливу загальних та місцевих динамічних коливань, а також зусилля зсуву, що виникають під час руху транспорту та різкого його гальмування. В результаті випробувань встановлено, що знос полімерного покриття за масою (г/см^2) утричі менший за відповідну вимогу нормативних документів до дорожніх покриттів з асфальтобетону для утруднених умов руху (інтенсивність понад 2000 авт/добу). Покриття з полімерних пластбетонів ремонтопридатні із застосуванням тих самих складів, з яких зроблено покриття. Тому конструкція мостового полотна має забезпечувати комфортну їзду та безпеку руху транспорту, мати необхідну міцність, надійний захист несних елементів прогонової будови від несприятливих впливів, забезпечувати проектний строк служби та ремонтоздатність тонкошарового пластбетонного покриття. Необхідно передбачити можливість виконання робіт при утриманні та ремонтах сучасними механізованими засобами.

На даний час відсутня методика оцінки довговічності тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах, яка б враховувала комплекс основних факторів для проектування таких покриттів, а саме: дія навантаження пневматичних коліс транспортних засобів; дія зміни річної та добової температури; дія напружень від усадки пластбетону в момент твердіння. Врахування спільного впливу усадки пластбетону, зміну температури та дії пневматичних коліс

транспортних засобів при оцінці тріщиностійкості тонкошарового пластбетонного покриття на мостах дозволило б більш об'єктивно проводити оцінювання довговічності таких покриттів та їх строк служби.

Однією з причин зменшення строку експлуатації тонкошарового пластбетонного покриття на автодорожніх мостах є недостатнє вивчення та застосування полімеру метилметакрилату з метою направленого регулювання властивостей пластбетону.

Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю рішення важливої науково-практичної задачі – підвищення довговічності тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах за рахунок використання полімерного метилметакрилату з урахування спільного впливу усадки пластбетону, зміни температури та дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів

Матеріали та методи. Методологічною основою виступає науковий підхід до аналізу питань розрахунку довговічності тонкошарових пластбетонних покриттів на залізобетонних автодорожніх мостах від впливу усадки пластбетону, зміни (сезонних річних та добових) температур та дії пневматичних коліс транспортних засобів. Для вирішення методики розрахунку тонкошарового покриття на автодорожніх мостах використовували методи: аналітично-експериментальні з використанням положень теорії пружності, кінетичної теорії міцності твердих тіл, стандартизовані та спеціальні методики дослідження властивостей пластбетону, експериментальних методів дослідження утворення тріщини в тонкошаровому пластбетонному покритті автодорожніх мостів; математичної статистики.

Метою роботи є розробка методики розрахунку тонкошарового пласт бетонного покриття на залізобетонній плиті проїзної частини автодорожніх мостів на довговічність від впливу усадки пластбетону, зміни (сезонних річних та добових) температур та дії пневматичних коліс транспортних засобів. Дані аналітичні рішення дозволять оцінювати довговічність, розрахунковий (очікуваний) строк служби тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах, з урахуванням сумарної міри вичерпування покриття від спільного впливу усадки пластбетону, зміни температур та дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів, а також конструктивних особливостей та термореологічних властивостей покриття.

Виклад основного матеріалу. Загальні положення з розрахунку довговічності тонкошарового полімер бетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах за рахунок використання метилметакрилатної смоли, полягають у наступному: протягом заданого строку служби тонкошарове покриття повинні бути стійкими до водо-морозних впливів; повинно бути забезпечене належне зчеплення між покриттям і основою; повинні бути стійкими до тріщиноутворення від спільної дії впливу річних і добових температур, усадки пластбетону при твердінні та дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобі.

При цьому стійкість до водо-морозних впливів передбачено забезпечити належним вибором виду матеріалу для тонкошарового пластбетонного покриття на мостах, встановлення відповідних вимог до нього та технології його влаштування. Оцінка тріщиностійкості тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах базується на отриманні аналітичних залежностей, що дозволяють прогнозувати напруження від: спільного впливу річних і добових температур; усадки пластбетону при твердінні; дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів. Тому для прогнозування утворення тріщин в пластбетонному покритті від зазначених факторів пропонується оцінювати довговічність тонкошарового покриття на залізобетонних автодорожніх

мостах, яка повинна базуватися на умові граничного стану. Тонкошарове пластбетонне покриття це матеріал для виготовлення якого містить полімерні (метилметакрилат) компоненти та має товщину від 10 мм до 30 мм. Метилметакрилат - метиловий ефір метакрилової кислоти, у вигляді безбарвної прозорої рідини з характерним ефіровим запахом. Поліметилметакрилат це метилметакрилат модифікований полімерами. У відповідності до ДБН В.2.3-22 товщина тонкошарового покриття на автодорожніх мостах повинна бути від 10 мм до 20 мм. Тонкі покриття, як правило, виконуються на основі епоксидів, поліуретанів, метакрилатів, поліестерів. з проектним строком служби 15 років і більше.

Тому з метою вирішення нашої задачі запропоновано методику розрахунку тонкошарового покриття на мостах, яка враховує термореологічні властивості пластбетону, використовуючи положення кінетичної теорії міцності твердих тіл і базуючись на принципах Пальгрена-Майнера та Бейлі про суперпозицію пошкодження структури пластбетону протягом строку експлуатації при негативній спільній дії найбільш впливових факторів, це дозволило розробити критерій граничного стану тонкошарового покриття яка базується із пластбетону. Наведені аналітичні розрахунки для визначення горизонтальних нормальних напружень, що виникають в тонкошаровому пластбетонному покритті на мостах від впливу усадки пластбетону, зміни (сезонних річних та добових) температур та дії пневматичних коліс транспортних засобів.

Для вирішення поставленої задачі розглядається розрахункова схема (рис. 1) роботи тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах при коливанні сезонних річних та добових температур, а також дії транспорту, зі встановленням аналітичних залежностей для прогнозування напружень та оцінки вичерпування довговічності пластбетонного покриття. Розтягуючи горизонтальні нормальні напруження при згині у нижній частині покриття $\sigma_{Tp}(t)$ виникають від дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів, розтягуючі нормальні напруження, $\sigma_{Tp}(t)$ – горизонтальні нормальні напруження від зміни температури річної та добової, напруження і напруження від усадки $\sigma_{Yc}(t)$ пластбетону визначаються на основі аналітичних розрахунків з урахуванням схеми (рис.1) роботи тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах при дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів та зміни температури.

Оцінка довговічності тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах базується на отриманні аналітичних залежностей, що дозволяють прогнозувати напруження від: спільного впливу усадки пластбетону при твердінні; зміни (сезонних річних та добових) температур; дії пневматичних коліс транспортних. Тому для прогнозування міри вичерпування тоногошарового покриття на мостах від зазначених факторів пропонується оцінювати довговічність покриття, яка повинна базуватися на умові граничного стану за залежністю:

$$M_{ВД} = M_{Tp} + M_T + M_{Yc} \le [M_H] \quad (1)$$

де M_{Tp} - міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетонного покриття від дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів (безрозмірна величина);

M_T - міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетонного покриття від дії транспорту (безрозмірна величина);

M_{Yc} - міра вичерпування довговічності тонкошарового покриття від дії усадки пластбетону при твердінні;

$M_Н$ – нормативне граничне значення міра вичерпування довговічності тонкошарового покриття рівне 1, (безрозмірна величина).

У даному випадку під пошкодженістю тонкошарового пластбетонного покриття з використанням метилметакрилату на залізобетонних автодорожніх мостах , згідно існуючих загальних положень, приймається формальне кінетичне поняття незворотних розривів структурних зв'язків та незворотних пластичних деформацій структурних зв'язках у пластбетонному покритті за часом при визначеному характері впливу факторів і оцінюється відносним параметром, який називають мірою пошкодженості, що за фізичною суттю є мірою вичерпування довговічності.

Тому з урахуванням вище наведеного та виразу (1) пропонується визначати міру вичерпування ($M_{Тр}$ довговічності тонкошарового пластбетонного покриття від дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів (з урахуванням загального підходу при циклічній дії напружень) (безрозмірна величина);

$$M_{Tp} = \sum N_p \cdot \int_0^{t_p} \frac{\sigma_{Tp}(t)^{b(t,T)}}{B_t(t,T)} dt \qquad (2)$$

$\sum N_P$ – сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за строк служби пластбетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах;

$\sigma_{Tp}(t)$ – горизонтальні нормальні напруження розтягу при згині від дії розрахункового навантаження пневматичних коліс транспорту навантаження в тонкошаровому покритті;

$B_t(t,T), b(t,T)$ - параметри функції довговічності визначаються експериментально.

t_P – час до руйнування;

Для визначення горизонтальних нормальних напруження $\sigma_{Tp}(t)$ в дорожньому покритті використовуємо точне рішення теорії пружності отримане професором А.К Приварніковим. При використанні даного рішення та виконаних чисельних дослідженнях були встановлені та апроксимовані функції для визначення горизонтальних розтягуючих напружень тонкошарового пластбетонного покриття на мостах за залежністю:

$$\sigma_{Tp} = A_i(R(t,T)) \cdot h_1 / D^{-B_i(R(t,T))} \cdot p \cdot K_б, \qquad (3)$$

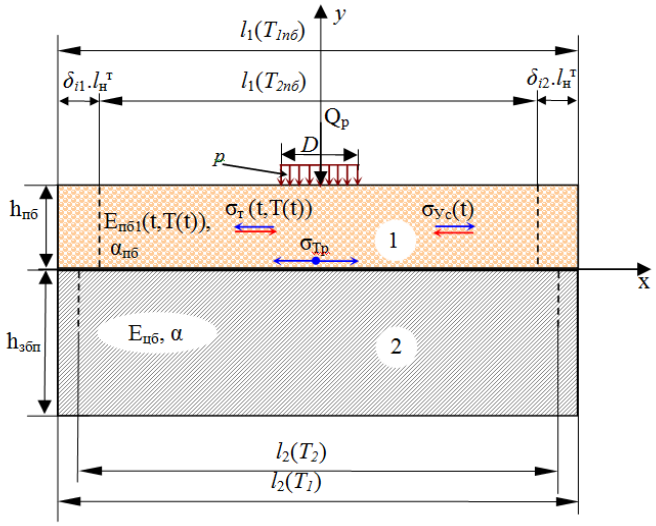
де $A_i(R(t,T))$, $B_i(R(t,T))$ – постійні, що залежать від функції релаксації, яка змінюється від часу дії навантаження і температури;

h_1 – товщина тонкошарового покриття;

D – площа круга;

$K_б$ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану тонкошарового покриття під колесом автомобіля зі спареними балонами;

p – розрахунковий тиск на покриття, МПа.



1 – тонкошарове пластбетонне покриття (товщиною від $h_{пб}$ = 10 - 30 мм); 2 – залізобетонна плита мосту; ⇄ $\sigma_{Ус}(t)$ – напруження від усадки пластбетону; ⇄ $\sigma_т(t,T(t))$ – температурні напруження; $\sigma_{Тр}(t)$ – горизонтальні нормальні напруження; $\delta_{i2}\cdot l_н^m$, $\delta_{i1}\cdot l_н^m$ – довжина, на яку скорочується тонкошарове пластбетонне покриття; $l_1(T_{1цб})$, $l_2(T_1)$ – довжина тонкошарового пластбетонного покриття та основи до початку температурного скорочення; $l_1(T_{2пб})$, $l_2(T_2)$ – довжина відповідно тонкошарового пластбетонного покриття (1) та основи (2), після температурного скорочення; $\alpha_{пб}$, $\alpha_{зб}$ – коефіцієнт лінійного температурного розширення тонкошарового пластбетонного покриття (1) та залізобетонної основи (2); $E_{пб}(t,T(t))$, $E_{зб}$ – модуль пружності пластбетону та залізобетонної основи, який залежить від часу дії навантаження.

1 – thin-layer plastic concrete coating (thickness from $h_{пб}$ = 10 - 30 mm); 2 – reinforced concrete slab of the bridge; ⇄ $\sigma_{Ус}(t)$ – stress from plastic concrete shrinkage; ⇄ $\sigma_т(t,T(t))$ - temperature stresses; $\sigma_{Тр}(t)$ – horizontal normal stresses; $\delta_{i2}\cdot l_н^m$, $\delta_{i1}\cdot l_н^m$ – the length by which the thin-layer plastic concrete covering is shortened; $l_1(T_{1цб})$, $l_2(T_1)$ – the length of the thin-layer plastic concrete coating and the base before the beginning of thermal contraction; $l_1(T_{2пб})$, $l_2(T_2)$ – the length, respectively, of the thin-layer plastic concrete coating (1) and the base (2), after temperature reduction; $\alpha_{пб}$, $\alpha_{зб}$ - coefficient of linear thermal expansion of thin-layer plastic concrete coating (1) and reinforced concrete base (2); $E_{пб}(t,T(t))$, $E_{зб}$ – modulus of elasticity of plastic concrete and reinforced concrete base, which depends on the time of the load.

Рисунок 1 – Розрахункова схема тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонній основі автодорожнього мосту, з урахуванням спільного впливу зміни (річної, добової) температури та усадки пластбетону при твердінні і дії пневматичних коліс транспортних засобів

Figure 1 – Calculation scheme of a thin-layer aerated concrete coating on a reinforced concrete foundation of a road bridge, taking into account the combined effect of changes in (annual, daily) temperature and shrinkage of aerated concrete during hardening and the action of pneumatic wheels of vehicles.

Для визначення міри вичерпування довговічності дорожнього покриття від зміни річної та добової температури ($M_т$) може бути визначена за аналітичною залежністю Радовського – Мозгового, що базується на застосуванні критерію Бейлі, модифікованої функції довговічності Бартенєва [5-11]:

$$M_T = \int_0^{t_p} \frac{dt}{t^*(\sigma_T(t), T(t))} dt \quad (4)$$

або

$$M_T = \int_0^{t_p} \frac{\sigma_T(t, T(t))^{b(t,T)}}{B_t(t,T)} dt \quad (5)$$

де t – момент часу експлуатації дорожнього покриття;

$t^*(\sigma_T(t), T(t))$ - функція довговічності тонкошаровому покриття;

$\sigma_T(t, T(t))$ - температурні напруження в тонкошаровому покритті;

$T(t)$ - температура тонкошарового покриття;

$B_t(t,T), b(t,T)$ - параметри функції довговічності визначаються експериментально.

При визначенні температурних напружень враховували термов'язкопружні властивості асфальтобетону, які описували функцією релаксації та функцією температурно-часового зміщення, параметри яких визначаються експериментально [5-11].

Отримані аналітичні залежності визначення температурних напружень асфальтобетонного покриття для розроблених розрахункових схем (рис. 1):

$$\sigma^{аб}{}_{r,(Тем)}(t) = (\alpha_{а/б} - \alpha_{осн}) \cdot \varphi \cdot k_{а/б} \left(E_{дг} + (E_{мт} - E_{дг}) \cdot \int_0^t \left(1 + \frac{e^{P\cdot(T_0 + k\cdot t - T_S)}}{P \cdot k} \left(e^{-P\cdot k\cdot(t-t_1)} - 1 \right) \right)^{-\lambda} d\tau \right), \quad (6)$$

де φ – коефіцієнт, що враховує міцність зчеплення між пластбетоним покриттям і залізобетонною основою;

$E_{дг}$ і $E_{мт}$ – відповідно довготривалий і миттєвий модулі пружності пластбетонного покриття;

$k_{а/б}$, $k_{осн}$ – відповідно швидкість охолодження пластбетону та залізобетонної основи; t – час спостереження;

t_1 – час, що передує моменту спостереження;

P – параметр функції температурно-часового зміщення;

T_0, T_S – початкова температура та температура приведення пластбетону.

Міра вичерпування довговічності тонкошарового покриття із пластбетону від усадки базується на застосуванні критерію Бейлі, модифікованої функції Бартенєва [5-11]:

$$M_{Ус} = \int_0^{t_p} \frac{dt}{t^*(\sigma_{Ус}(t), (T(t))} \quad (7)$$

де M_{Yc} – міра пошкодження цементобетонного покриття від дії усадки цементобетону при твердінні;

$t^*(\sigma_{Yc}(t),(T(t))$ - функція довговічності пластбетону;

$\sigma_{Yc}(t,T(t))$ – напруження в тонкошаровому пластбетонному покритті від усадки при твердінні в залежності від часу (t) та температури T(t) спостереження та початкової товщини покриття (y), МПа;

T(t) – температура покриття (8).

Запропоновано професором Г.К. Сюньї визначати усадочні напруження в безшовному пластбетонному покритті на цементобетонній основі, які виникають за рахунок сил адгезії, що перешкоджають вільним усадочним деформаціям для автодорожніх мостів. Тому максимальні усадочні розтягуючі напруження $\sigma_{Yc}((t),(T(t))$, що виникають в пластбетонному покритті на залізобетонній основі автодорожніх мостах з урахуванням часу дії та температури можна визначити за залежностями :

$$\sigma_{Yc}((t),(T(t)) = a \cdot \frac{\varepsilon_{\max}(1-e^{-\beta\tau\cdot 1/n})\cdot E_{\text{пб}}(t,T(t))}{(1-\mu)\cdot(1+m(t,T(t)))\cdot 10^3} \quad (8)$$

де $\varepsilon_{\max}$ - максимальна усадочна деформація пластбетону, мм/м;

β - коефіцієнт пропорційності 1/ г (приймається 0,055);

τ - час інтенсивної усадки пластбетону, приймається рівним 24 г;

a, n - експериментальні параметри (приймається: $a = 0{,}3$; $n = 1-3$);

$E_{\text{пб}}(t,T(t))$ - функція релаксації пластбетону, яка змінюється від часу дії навантаження (t) та температури $T(t)$;

μ - коефіцієнт Пуассона (0,34 -0,4);

m - коефіцієнт напружень в платбетоні;

$$m(t,T(t)) = \frac{E_{\text{пб}}(t,T(t))\cdot F_{\text{пб}}}{E_{\text{цб}}\cdot F_{\text{цб}}} = \frac{(E^{\partial\varepsilon}_{\text{пб}}(t,T(t)) + (E^{мт}_{\text{пб}}(t,T(t)) - E^{\partial\varepsilon}_{\text{пб}}(t,T(t)))\cdot(1+\frac{t}{\eta})^{-\lambda})\cdot F_{\text{пб}}}{E_{\text{цб}}\cdot F_{\text{цб}}} \quad (9)$$

де $E^{\partial\varepsilon}_{\text{пб}}(t,T(t)), E^{мт}_{\text{пб}}(t,T(t))$ - відповідно довготривалий і миттєвий модулі пружності пластбетону;

$\lambda i \eta$ - постійні, що визначаються експериментально;

$F_{\text{пб}}$ - проща перерізу тонкошарового пластбетонного покриття;

$E_{\text{цб}}$ - модуль пружності цементобетону;

$F_{\text{цб}}$ - площа перерізу цементобетонної основи проїзної частини мосту;

Дослідження температурного річного та добового режиму тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах. З метою прогнозування температурних напружень, використано відомі рішення задачі теплопровідності для гармонійного коливання температури на поверхні покриття. Крім цього, необхідно знати режим зміни температури тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах. Відомі результати теоретичних і експериментальних досліджень свідчать [1-11], що на температурний режим тонкошарового пластбетонного покриття впливають дві основні гармоніки річних та добових коливань, які часто використовують для визначення температурного режиму покриття. Базуючись на дослідженнях [1-11] для розрахунку середньої зміни температури в тонкошаровому покритті на автодорожніх мостах у вигляді двох гармонік матиме наступний вигляд:

$$\overline{T}(t) = T_{аб,ср} + \overline{A}_p(h) \cdot \cos\frac{2\pi}{t_p} t + \overline{A}_д(h) \cdot \cos\frac{2\pi}{t_д} t\,, \qquad (10)$$

де $T_{аб,ср}$ – середня температура пластбетонного покриття з використанням метилметакрилату;

$\overline{A}_p$ – середня по товщині амплітуда коливань температури в тонкошаровому пластбетонному покритті з використанням метилметакрилатів в річному циклі;

t_p – період коливань середньої по товщині температури тонкошарового покриття в річному циклі;

$\overline{A}_д$ – середня по товщині амплітуда коливань температури тонкошарового покриття в добовому циклі;

$t_д$ – період коливань середньої по товщині температури тонкошарового покриття в добовому циклі.

Завдяки відомим підходам [5-11] використовуємо параметри виразу (10). Тоді, амплітуду річних і добових коливань ($\overline{A}_p, \overline{A}_д$) середньої по товщині температури тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах з використанням метилметакрилату, можемо рахувати наближено рівній середньому по товщині значенню амплітуди коливань температури, що використовуються в роботі [5-10] буде описуватися наступним виразом:

$$A_{пр} = 0{,}5 \cdot (T_{n,\max} + T_{n,\min})\,, \qquad (11)$$

де $T_{n,\max}$, $T_{n,\min}$ – середньомісячна температура поверхні покриття відповідно самого теплого і самого холодного місяців.

В роботах [5-8] запропоновано визначати температуру покриття у самому теплому місяці $T_{n,\max}$ з урахуванням впливу сонячного нагріву встановлюється за залежністю:

$$T_{n,\max} = \frac{4(\pi+1)t_{пов,\max}}{3\pi}. \quad (12)$$

Середньомісячну температуру самого холодного місяця для тонкошарового пластбетонного покриття на автодорожніх мостах доцільно прирівнювати до відповідної температури повітря:

$$T_{n,\min} = t_{пов,\min}, \quad (13)$$

де $t_{пов,\min}$, $t_{пов,\max}$ – розрахункові значення середньомісячної температури повітря відповідно для самого холодного місяця (січень) та самого теплого місяця (липень).

Отже, згідно залежності (8) є можливість описувати зміну температури тонкошарового покриття з використанням метилметакрилатів на залізобетонних автодорожніх мостах для різних регіональних кліматичних умов.

Практичний інтерес крім «бі-гармонічного» закону зміни температури покриття має швидкість його охолодження. У даному випадку, використовуючи параметри (10), можна записати:

– при добових коливаннях температури:

$$k_{д} = \frac{2A_{д}}{0{,}5t_{д}} = \frac{4A_{д}}{t_{д}}, \quad (14)$$

де $t_{д}$ – період добових коливань температури;

– при річних коливаннях температури:

$$k_{р} = \frac{2A_{р}}{0{,}5t_{р}} = \frac{4A_{р}}{t_{р}}, \quad (15)$$

де $t_{р}$ – період річних коливань температури.

Для вирішення поставленої задачі приймаємо, що температура T з часом t змінюється з постійною швидкістю:

$$T(t) = T_{n} + k \cdot t, \quad (16)$$

де T_{n} – початкова температура;
k – швидкість охолодження.

У відповідності вище наведених теоретичних положень (1-16) пропонується оцінювати довговічність тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах за розрахунковим (очікуваний) строк служби $T_{РОЗ}$ (в роках), який базується на отриманих аналітичних залежностях (1-16), а саме: строк служби $T_{РОЗ}$ – це співвідношення гранично допустимого значення показника міри

вичерпування $M_{ВД}$ до сумарної міри вичерпування довговічності тонкошарового покриття від спільного впливу усадки пластбетонного, зміни температур та пневматичних коліс транспортних засобів, що в свою чергу більше або рівне нормативному строку служби цементобетонного покриття $[T_H]$ і визначається за залежністю :

$$T_{роз} = T_{пр} \cdot \frac{[M_{\text{Н}}]}{M_{ВД}} \geq [T_{\text{Н}}], \tag{17}$$

де $T_{пр}$ – проектний строк експлуатації тонкошарового пластбетонного покриття на автодорожніх мостах;

T_H – нормативне значення строку експлуатації тонкошарового пластбетонного покриття в залежності від категорії автомобільної дороги приймається за державними будівельними нормами ($T_H = 15\,років$).

Висновки. В даній статті запропоновано алгоритм послідовності розрахунку тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонній плиті проїзної частини автодорожніх мостів на автомобільних дорогах загального користування

Запропоновано методику розрахунку тонкошарового покриття на мостах враховує термореологічні властивості пластбетону, використовуючи положення кінетичної теорії міцності твердих тіл і базуючись на принципах Пальгрена-Майнера та Бейлі про суперпозицію пошкодження структури пластбетону протягом строку експлуатації при негативній спільній дії найбільш впливових факторів , це дозволило розробити критерій граничного стану тонкошарового покриття яка базується із пластбетону. Наведені аналітичні розрахунки для визначення горизонтальних нормальних напружень, що виникають в тонкошаровому пласт бетонному покритті на мостах від впливу усадки пластбетону, зміни (сезонних річних та добових) температур та дії пневматичних коліс транспортних засобів.

Наведено аналітичні залежності для складових критерію граничного стану та оцінки строку служби тонкошарового покриття на мостах, а саме: міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетоного покриття від усадки (МУс); міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетоного покриття від дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів (МТр); міра вичерпування довговічності тонкошарового пластбетоного покриття від зміни температури відповідного сезону (МТ).

Дані аналітичні рішення дозволили оцінювати розрахунковий (очікуваний) строк служби (Троз) тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах, а саме: строк служби (Троз) – це співвідношення гранично допустимого значення показника міри вичерпування довговічності (МВД=1) до суми міри вичерпування тонкошарового покриття від спільного впливу усадки пластбетону, зміни температур та дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів, що в свою чергу більше або рівне нормативному строку служби (Тн=15 років) тонкошарового пластбетонного покриття на автодорожніх мостах.

Дана методика розрахунку тонкошарового пластбетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах базується на теоретичних принципах професора В.В. Мозгового та А.М. Онищенка з оцінювання вичерпування довговічності покриття від вище зазначених факторів.

Перелік посилань

1. Onyshchenko, A., Kovalchuk, V., Zagorodniy, O., Moroz, V. (2023). Determining the residual service life of polymer-modified asphalt concrete pavement on road bridges. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,3 (1 (123)), 41–51. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279006

2. Andersen, S.; Levenberg, E.; Andersen, M.B. Efficient reevaluation of surface displacements in a layered elastic half-space. Int. J. Pavement Eng. 2020, 21, 408–415.
URL: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/151158152/ERSDILEHS.pdf

3. Myroslav Malovanyy, Volodymyr Mozghovyi, Oleksandr Kutsman, Serhii Baran Increasing the Efficiency of the Use of Thermal Power Plants Waste in Road Construction and Repair. Environmental problems. Lviv, Ukraine, 2019. Volume 4, Num. 4. Pp. 179-184. DOI: 10.23939/ep2019.04.179

4. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/82.1.-DBN-V.2.3-222009.-Sporudi-transportu.-Mosti-ta-tr.pdf

5. Баран С. А. Удосконалення проектування дорожнього покриття підвищеної довговічності із щебенево-мастикового асфальтобетону: Дис. канд. техн. наук: 05.22.11. К., 2020. 220с.
http://diser.ntu.edu.ua/Baran_dis.pdf

6. Зеленовський В. А., Копинець І. В., Онищенко А. М. Досвід застосування епоксиасфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах // Дороги і мости. – 2019. – Вип. 19-20. – С. 78-93 URL: DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.078

7. Іщенко О.М. Розробка методики розрахунку на температурну тріщиностійкість асфальтобетонного покриття штучних споруд автомобільних доріг: Дис. канд. техн. наук: 05.22.11 – К., 2003.-136 с.

8. Мозговий В.В. Наукові основи забезпечення температурної тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів: дис... докт. техн. наук. К., 1996. 406 с.

9. Онищенко А.М. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах: Монографія / Онищенко А.М., Кузьмінець М.П., Невінгловський В.Ф., Гаркуша М.В. – К.: НТУ, 2015. – 334 с.

10. A.M. Onyshchenko, I.O.Mirchuk. Ensuring increased durability of pavement on reinforced concrete road bridges. *World Science* 2024. 1(83). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30032024/8126

11. Kovalchuk V. Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate / Vitalii Kovalchuk, Yuliya Sobolevska, Artur Onyshchenko, Olexandr Fedorenko, Oleksndr Tokin, Andrii Pavliv, Ivan Kravets, Julia Lesiv // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.

12. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

CALCULATION METHOD OF THIN LAYER PLASTIC CONCRETE COATING ON REINFORCED CONCRETE SLAB OF ROADWAY SECTION OF HIGHWAY BRIDGES FOR DURABILITY

Oleksandr Fedorenko V., General Director of the "Kyivavtodor" utility corporation, Kyiv, Ukraine, e-mail: 50281@ukr.net https://orcid.org/0000-0002-3464-597X

Summary. The paper examines the basic principles of calculating the durability of thin-layer plastic concrete covering on reinforced concrete slabs of roadways of highway bridges, taking into account domestic and European experience and countries of the world. The proposed methodology for calculating thin-layer coating on bridges takes into account the thermorheological properties of aerated concrete, using the provisions of the kinetic theory of the strength of solid bodies and based on the principles of Palgren-Miner and Bailey about the superposition of damage to the structure of aerated concrete during the period of operation under the negative joint action of the most influential factors, this made it possible to develop a limit state criterion thin-layer coating based on plastic concrete. Analytical calculations are given to determine the horizontal normal stresses that arise in the thin-layer concrete coating on bridges due to the effect of concrete shrinkage, changes in (seasonal, annual and daily) temperatures and the action of pneumatic wheels of vehicles. Analytical dependences are given for the components of the limit state criterion and the estimation of the service life of the thin-layer coating on bridges, namely: the measure of exhaustion of the durability of the thin-layer plastic concrete coating from shrinkage (M_{yc}); the measure of exhaustion of the durability of thin-layer plastic concrete coating from the action of the load of pneumatic wheels of vehicles (M_{Tp}); a measure of exhaustion of the durability of a thin-layer plastic concrete coating from a change in the temperature of the corresponding season (M_T)). These analytical solutions made it possible to estimate the estimated (expected) service life ($T_{роз}$) of thin-layer aerated concrete covering on reinforced concrete road bridges, namely: the service life ($T_{роз}$) is the ratio of the maximum permissible value of the indicator of the degree of durability depletion ($M_{ВД}=1$) to the sum of the degree of exhaustion of thin-layer coating from the joint effect of plastic concrete shrinkage, temperature changes and the action of the load of pneumatic wheels of vehicles, which in turn is greater than or equal to the standard service life ($T_н=15$ years) of thin-layer plastic concrete coating on road bridges.

Keywords: highway bridge, thin-layer coating; plastic concrete, coating, durability, shrinkage, temperature, load, degree of exhaustion.

References

1. Onyshchenko, A., Kovalchuk, V., Zagorodniy, O., Moroz, V. (2023). Determining the residual service life of polymer-modified asphalt concrete pavement on road bridges. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,3 (1 (123)), 41–51. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279006

2. Andersen, S.; Levenberg, E.; Andersen, M.B. Efficient reevaluation of surface displacements in a layered elastic half-space. Int. J. Pavement Eng. 2020, 21, 408–415.

URL: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/151158152/ERSDILEHS.pdf

3. Myroslav Malovanyy, Volodymyr Mozghovyi, Oleksandr Kutsman, Serhii Baran Increasing the Efficiency of the Use of Thermal Power Plants Waste in Road Construction and Repair. Environmental problems. Lviv, Ukraine, 2019. Volume 4, Num. 4. Pp. 179-184. DOI: 10.23939/ep2019.04.179

4. DBN V.2.3-22:2009 Bridges and pipes. Basic design requirements https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/82.1.-DBN-V.2.3-222009.-Sporudi-transportu.-Mosti-ta-tr.pdf

5. Baran S. A. Improvements in the design of high-durability road surfaces made of crushed stone-mastic asphalt concrete: Diss. Ph.D. technical Sciences: 05.22.11. K., 2020. 220p. http://diser.ntu.edu.ua/Baran_dis.pdf

6. Zelenovskyi V. A., Kopynets I. V., Onyshchenko A. M. Experience of using epoxy-asphalt concrete coating on road bridges // Roads and bridges. – 2019. – Issue 19-20. - P. 78-93 DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.078

7. Ishchenko O.M. Development of a methodology for calculating the temperature crack resistance of asphalt concrete pavement of artificial highway structures: Diss. Ph.D. technical Sciences: 05.22.11 - K., 2003.-136 p.

8. Mozgovy V.V. Scientific basis of ensuring thermal crack resistance of asphalt concrete coatings: diss... doc. technical of science K., 1996. 406 p.

9. Onyshchenko A.M. Theoretical and practical studies of the resource of asphalt concrete pavement on reinforced concrete transport structures: Monograph / Onyshchenko A.M., Kuzminets M.P., Nevinglovskyi V.F., Harkusha M.V. - K.: NTU, 2015. - 334 p.

10. A.M. Onyshchenko, I.O.Mirchuk. Ensuring increased durability of pavement on reinforced concrete road bridges. *World Science* 2024. 1(83). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30032024/8126

11. Kovalchuk V. Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate / Vitalii Kovalchuk, Yuliya Sobolevska, Artur Onyshchenko, Olexandr Fedorenko, Oleksndr Tokin, Andrii Pavliv, Ivan Kravets, Julia Lesiv // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.

12. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

УДК 332.3:510.6 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-116-123**
UDC 332.3:510.6

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ЦЕНТРУ ОБРОБКИ КАДАСТРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

MODELING THE STRUCTURE OF THE CADASTRAL INFORMATION PROCESSING CENTER



Маслій Любов Олексіївна, *аспірант кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна,*
e-mail: gnomomir@gmail.com,

https://orcid.org/0000-0003-3844-462X



Метешкін Костянтин Олександрович, *доктор технічних наук, професор, професор кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: meteshkin@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0002-1170-2062



Кухар Максим Анатолійович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна,*
e-mail: ppoosshhttaa@ukr.net

https://orcid.org/0000-0001-8305-6269

Анотація: У роботі запропоновано нову модель застосування кадастрових систем при вирішенні задач, які виникають під час застосування прав володіння, користування та розпорядження землею. Враховуючи велику територію України та не можливість у повному обсязі застосувати досвід більш розвинутих країн, бо вини мають меншу територію, запропоновано новий підхід для підвищення якості та ефективності земельного адміністрування в межах існуючого законодавства України і вже сформованих кадастрових систем.

У статті розглянуто фундаментальні принципи землеустрою, зокрема ефективне адміністрування земельними ресурсами, взаємодію з користувачами, еволюцію систем землеустрою, правові та технологічні основи, які регулюють ці процеси.

Центр обробки кадастрової інформації – це інтелектуальна система формування знань та даних про землю при реалізації функцій земельного адміністрування. Система має передові технології, які об'єднують дані різних кадастрів, автоматизовані процедури обробки інформації, безперебійне функціонування системи забезпечується взаємодією суб'єктів та об'єктів землеустрою, нормативно-правовою базою та інтелектуальним інтерфейсом.

У розробленій моделі враховано чинне законодавство та нормативні акти України. Прикладом вирішення конкретної задачі на базі моделі є приватизація земельної ділянки, яка демонструє роботу центру обробки кадастрової інформації через логічну послідовність етапів, починаючи від подачі заяви до отримання витягу про право власності на землю.

Ключові слова: кадастри, землеустрій, моделювання, логіка, земля, земельне адміністрування, приватизація земельної ділянки, система.

Ключові слова: кадастрові системи, землеустрій, моделювання, логіка, земельна ділянка, земельне адміністрування, центр обробки кадастрової інформації.

Вступ. Земельні ресурси є важливим аспектом сталого розвитку будь-якої країни і Україна не є виключенням. Стрімкий технологічний розвиток та інтеграція цифрових технологій у різні галузі діяльності людини вимагають вдосконалення систем, які забезпечують права власності, користування та розпорядження землею громадян. Прийняття обґрунтованих рішень у сфері землеустрою та кадастру можливе за допомогою кадастрової системи.

Процес створення та модернізації кадастрової системи в Україні триває з часів формування незалежності нашої держави, але для підвищення ефективності обробки кадастрової інформації необхідно впроваджувати нові структурні елементи. Створення центрів обробки кадастрової інформації може допомогти реформувати систему управління земельними ресурсами.

У роботі розроблено модель функціонування нового структурного елементу кадастрової системи України – центр обробки кадастрових даних. Система пропонує застосувати передові технології, які об'єднують дані з різних кадастрів, автоматизовані процедури обробки інформації, безперебійне функціонування системи забезпечується взаємодією суб'єктів та об'єктів землеустрою, нормативно-правовою базою та інтелектуальним інтерфейсом.

Матеріали та методи. Методологічною основою виступає науковий підхід до аналізу питань дослідження шляхом використання наукових методів моделювання, аналізу, синтезу, логічного узагальнення та емпіричних методів. Джерелами дослідження є кадастрова система України.

Метою роботи є створення моделі функціонування нового структурного елемента кадастрової системи – центр обробки кадастрової інформації. Модель передбачає створення централізованої бази даних, що містить кадастровий облік земельних ресурсів, лісів, будівель та інших об'єктів, а також базу знань і стандартні моделі для вирішення задач, а при відсутності таких моделей залучення спеціалістів різних галузей для вирішення поставлених задач та побудови типових моделей. Впровадження такого елемента кадастрової системи надає можливість підвищення прозорості та ефективності процесів адміністрування земельними ресурсами шляхом впровадження принципів системності, технологічності та динамічності.

Виклад основного матеріалу. Для формування базового розуміння сучасного стану кадастру та землеустрою України були проаналізовані роботи [1-3].

Особливості землеустрою розвинутих країн світу проаналізовані роботи [4-8].

Для формування пропозицій стосовно розвитку кадастрової системи України були проаналізовані роботи [9-11].

Виходячи з отриманих даних, сформована пропозиція відштовхуватись від деяких принципів земельного адміністрування, які закріплені на міжнародному рівні, а саме, принципи динамічності системи земельного адміністрування, принципи технологічності та принципи системності земельного адміністрування.

Базуючись на згаданих принципах запропоновано введення нового елемента в кадастрову систему України. Центр обробки кадастрової інформації (ЦОКІ) – інтелектуальна система формування знань та даних про землю для реалізації функцій земельного адміністрування.

Структура центру обробки кадастрової інформації, яка включає кадастр інтелектуальних ресурсів, базу даних кадастрів (земельний, лісовий, будівельний тощо), бази знань, базу типових моделей вирішення задач і включає джерела інформації про суб'єкт та об'єкт земельного адміністрування, нормативно правову базу, інтелектуальний інтерфейс, замовника, вирішувачів, дасть можливість перейти землеустрою України на новий рівень.

Структура ЦОКІ була сформована згідно законодавства України, особливостей функціонування різних кадастрів, можливостей сучасних технологій, з урахуванням задач та їх рішень в галузі землеустрою, спираючись на ряд логічних експериментів, які дозволили перейти від запиту в ЦОКІ до прийняття певного рішення.

ЦОКІ – центр обробки кадастрової інформації;

БД КІР – кадастр інтелектуальних ресурсів (ВНЗ та інші організації, які займаються науковою діяльність та роботою з інформацією);

БД КАД – база даних кадастрів (земельний, лісовий, будівельний тощо, які структурують та зберігають дані про суб'єкт та об'єкт земельного адміністрування);

БТМ – база типових моделей вирішення задач;

БЗ – бази знань;

ДІ – джерела інформації суб'єкт та об'єкт земельного адміністрування (плани топографічних знімань, аерофотозйомки, супутникової зйомки земельної ділянки, кадастрові номери земельних ділянок, бонітування грантів на земельних ділянках, дані про власників, користувачів, розпорядників земельними ділянками тощо);

НП – нормативно правова база (конституція, закони, постанови тощо, які регулюють діяльність в галузі землеустрою);

ІІ – інтелектуальний інтерфейс (програмно-графічний комплекс для взаємодії з ЦОКІ);

З – замовники (суб'єкт земельного адміністрування, які надають запит до ЦОКІ);

В – вирішувачі (фізичні та юридичні особи, які наповнюють КІР).

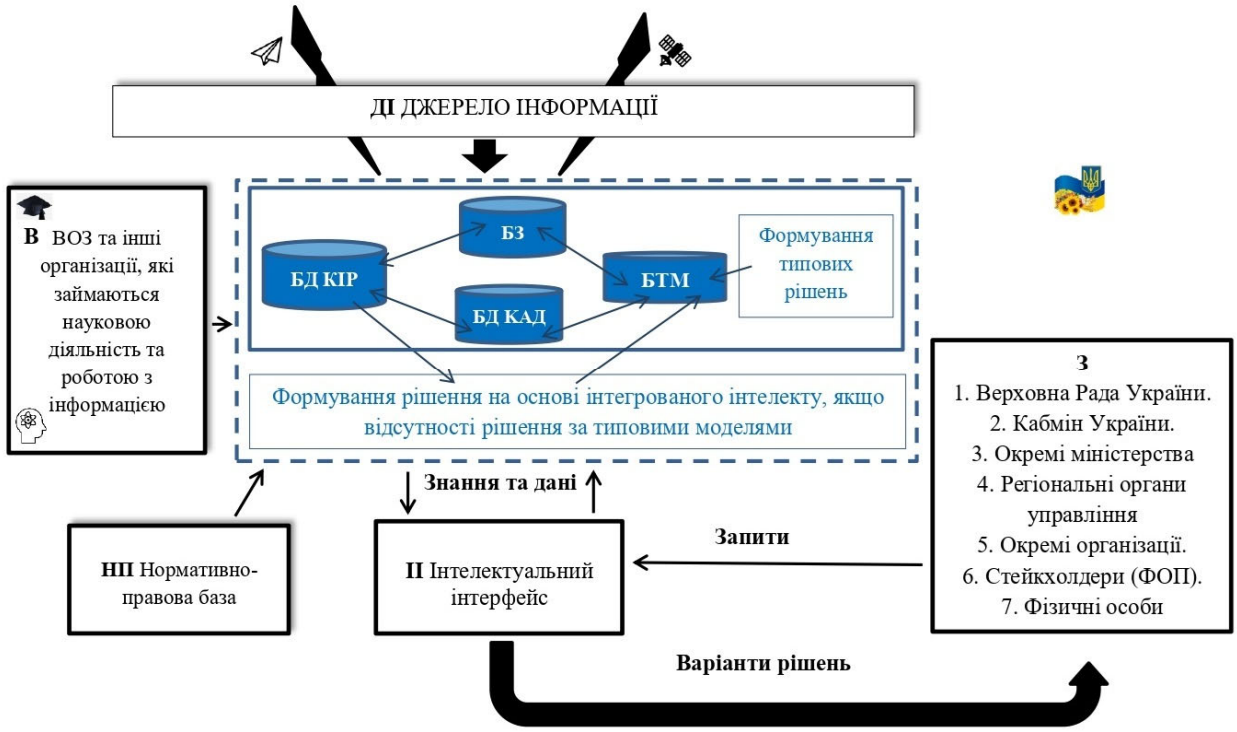


Рисунок 1 – Модель, яка характерезує структурно-функціональні особливості центру обробки кадастрової інформації

Figure 1 – The model that characterizes the structural and functional features of the cadastral information processing center

Кожен елемент складної системи, зображеної схематично на рисунку 1, є самостійною багатогранною системою, структуру якої важко розкрити у повному обсязі.

Розгляд та представлення повністю функціонуючої системи кадастрових інтелектуальних даних виходить за межі кандидатського дослідження, а в багатьох аспектах – за межі докторської дисертації і разом з цим потребує значного фінансового та людського ресурс. Але певним чином елементи цієї складної системи та їх взаємодію можливо формалізувати та представити у вигляді логічних операцій.

Базуючись на тому, що ***ЦОКІ*** містить технології вирішення, методи вирішення конкретних завдань, базується на засадах земельного адміністрування, може бути доповнений у рамках діючого законодавства та міжнародних норм знаннями, які можуть оптимізувати діяльність системи, як приклад, роботи такої системи можна представити вирішення певної задачі в землеустрої через її обробку в ***ЦОКІ*** застосовуючи логічну послідовність.

Наприклад, запропоновано одна з багатьох задач в галузі землеустрою та кадастру, забезпечення вирішення яких можливо за допомогою ***ЦОКІ*** на базі запропонованої моделі: приватизація земельної ділянки без зміни цільового призначення

1. Подання заяви на приватизацію: через інтелектуальний інтерфейс (***ІІ***) надається запит (***З***) організацією або фізичною особою.

2. Розгляд заяви: інформація передається до база типових моделей вирішення задач (***БТМ***), де обертається алгоритм вирішення поставленої задачі.

Далі представлений перелік дій відповідно до умовного алгоритму з ***БТМ***, якщо такий існує, але якщо такого алгоритму не існує йде звернення до спеціалістів через базу даних кадастру інтелектуальних ресурсів (***БД КІР***), де можна вирішити цю задачу та сформувати алгоритм. Приймемо за умову, що такий алгоритм існує.

Інформація передається до бази знань (***БЗ***) для реалізації алгоритму з ***БТМ*** та відбувається звернення до бази даних кадастрів (***БД КАД***), де перевіряються дані про земельну ділянку. Отримані дані аналізуються в ***БЗ***, визначається чи можлива приватизація земельної ділянки. Якщо приватизація можлива надається запит з копією заяви через ***ІІ*** до місцевого органу влади, який на місцевому рівні ухвалює рішення про надання дозволу на розробку проєкту землеустрою щодо відведення земельної ділянки і через ***ІІ*** повідомляє про своє рішення, яке переходить до ***БЗ***.

3. Розробка проєкту землеустрою: ***БЗ*** звертається до ***БД КІР*** для отримання переліку, рейтингу та основної інформації про сертифікованого землевпорядника або спеціалізованої організації для розробки проєкту землеустрою в межах району де знаходиться земельна ділянка. Дана інформація надається ***З*** та через ***ІІ***. Запит обирає землевпорядника із запропонованого списку, або в ***ІІ*** вказує додаткові парамтри для вибору іншого землевпорядника, наприклад, реєстраційний номер облікової картки платника податків. Отримана іноформація через інтелектуальний інтерфейс повертається до ***БЗ*** та ***БД КІР***, після чого через ***ІІ***, запит про виконання робіт надається землевпоряднику. Землевпорядник через ***ІІ*** може отримати інформацію про замовлення та про земельну ділянку, повідомити про розроблену документацію з усіма дозволами, актами прийому тощо, надати їх скановані копії завірені електронним підписом. Далі через ***ІІ*** дані потрапляють до ***БЗ*** де проходить перевірка та оцінка результатів роботи землевпорядника.

4. Реєстрація земельної ділянки в Державному земельному кадастрі: через функції ***БЗ*** дані передаються до ***БД КАД*** та зберігаються в відповідних кадастрах, через ***ІІ*** замовнику надається витяг з ***БД КАД***.

5. Затвердження проєкту землеустрою: через ***БЗ*** за допомогою ***ІІ*** отримані документи передаються на затвердження до відповідного місцевого органу влади або державної адміністрації. Орган затверджує проєкт рішенням сесії або видає відповідне розпорядження та надає відповідні рішення через ***ІІ*** до ***БЗ***.

6. Державна реєстрація права власності на земельну ділянку: через ***БЗ*** за допомогою ***ІІ*** документи подаються до реєстраційної служби для державної реєстрації права власності в Державному реєстрі прав на нерухоме майно. Отримані рішення повертаються до ***БЗ*** через ***ІІ***, а дані про власника зберігаються в ***БД КАД***.

7. Отримання витягу з реєстру: через інтелектуальний інтерфейс (***ІІ***) замовнику (***З***) повідомляють, що він може отримати відповідні документи про право власності через Державний реєстр прав на нерухоме майно.

Цей приклад вирішення задачі наведений з цілью характеристики загального потенціалу центру підтримки прийняття рішень, здатності застосовувати цю модель для вирішення задач землеустрою та кадастру, а також доказу можливості застосування розробленої моделі для розширення її функціоналу базуючись на принципі технологічності.

Висновки. У рамках роботи над статтею розроблено нову модель центру обробки кадастрової інформації, що вдосконалює процедури землеустрою в Україні. Завдяки введення цього структурного компонента, у перспективі, можна підвищити якість та ефективність обробки кадастрових даних за рахунок інтеграції існуючих кадастрів, автоматизації критичних процедур та використання інтелектуальних систем для аналізу та обробки звернень громадян, зменшення впливу бюрократичної складової та обмеження можливостей корупційної діяльності. Запропонована модель демонструє, як передові технології можуть покращити практику адміністрування землею та забезпечити користувачам більшу прозорість і зручність доступу до кадастрової інформації.

Центр обробки кадастрової інформації може відіграти вирішальну роль у зміцненні стабільності при забезпечені прав володіння, користування та розпорядження земельними ресурсами в Україні, забезпечити ефективне управління територією відповідно до сучасного законодавства та міжнародних стандартів, а також бути прикладом для наслідування в інших країнах світу.

Перелік посилань

1. Зарицький А. В. Технологія побудови моніторингу регіональних ресурсів на основі ранжування інформаційних систем управління територіями : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 – інформаційні технології. Харків, 2018. URL: https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/ZarytskyiOV_Aref.pdf. (дата звернення: 15.09.2024).

2. Метешкін К. О., Пілічева М. О., Маслій Л. О. Державний земельний кадастр у ноосферній концепції В. І. Вернадського. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура.* 2022. № 173. С. 86–90.

URL: https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5985. (дата звернення: 15.09.2024).

3. Губар Ю., Хавар Ю., Ваш Я. Шляхи розвитку національних кадастрових систем. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.* 2021. № 41. С. 151–163. URL : http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2021/05/20.pdf (дата звернення: 15.09.2024).

4. Метешкін К. О., Пілічева М. О., Маслій Л. О. Порівняльний аналіз характеристик кадастрових систем країн Європейського Союзу. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура.* 2023. № 177. С. 85–91.

URL : https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6128. (дата звернення: 15.09.2024).

5. Stoter J., Ploeger H., van Oosterom P. 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability. Computers, Environment and Urban Systems. 2013. Vol. 40. P. 56–67.

URL : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971512000841?via%3Dihub. (дата звернення: 15.09.2024).

6. Döner F., Sirin S. 3D Digital Representation of Cadastral Data in Turkey – Apartments Case. Land. 2020. Vol. 9, No. 6. P. 1–17.

URL : https://www.mdpi.com/2073-445X/9/6/179 (дата звернення: 15.09.2024).

7. Ying S., Li C., Chen N., Jia Y., Guo R., Li L. Object Analysis and 3D Spatial Modelling for Uniform Natural Resources in China. Land. 2021. Vol. 10, No. 11. P. 1–22.

URL : https://www.mdpi.com/2073-445X/10/11/1154 (дата звернення: 15.09.2024).

8. Bydłosz J., Bieda A. Developing a UML Model for the 3D Cadastre in Poland. Land. 2020. Vol. 9, No. 11. P. 1–16.

URL : https://www.mdpi.com/2073-445X/9/11/466 (дата звернення: 15.09.2024).

9. Кухар М. А. Дисертація Моделі комп'ютерної підтримки прийняття рішень системи земельних відносин в Україні 05.13.06 – інформаційні технології технічні науки. Харків, 2018. 155 с.
URL : https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/Kuchar_dis.pdf (дата звернення: 15.09.2024).
10. Кухар М.А. Концептуальні моделі підтримки прийняття рішень в багаторівневих системах адміністрування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2020, № 3, С.51-56.
URL : https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/issue/view/1025 (дата звернення: 15.09.2024).
11. Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., Rajabifard A. Land Administration for Sustainable Development. California: Esri Press, 2009. 487 p.
URL : https://cepa.rmportal.net/Library/natural-resources/Land%20Administration%20for%20Sustainable%20Development.pdf (дата звернення: 15.09.2024).

MODELING THE STRUCTURE OF THE CADASTRAL INFORMATION PROCESSING CENTER

Maslii Liubov O., PhD Student in the Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: gnomomir@gmail.com, tel.+380991784880, https://orcid.org/0000-0003-3844-462X

Meteshkin Kostiantyn O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: meteshkin@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-1170-2062

Kukhar Maksym A., PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: ppoosshhttaa@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-8305-6269

Summary. The paper proposes a new model of cadastral system application in solving problems that arise during the application of the rights of ownership, use and disposal of land. Considering the large territory of Ukraine and the inability to fully apply the experience of more developed countries, because they have a smaller territory, a new approach is proposed to improve the quality and efficiency of land administration within the existing legislation of Ukraine and already formed cadastral systems.

The article examines the fundamental principles of land management, in particular the effective administration of land resources, interaction with users, the evolution of land management systems, and legal and technological bases that regulate these processes.

The cadastral information processing centre is an intelligent system for the formation of knowledge and data about land in the implementation of land administration functions. The system has advanced technologies that combine data from various cadastres, automated information processing procedures, and smooth functioning of the system is ensured by the interaction of subjects and objects of land management, regulatory and legal framework and intelligent interface.

The developed model takes into account the current legislation and regulatory acts of Ukraine. An example of solving a specific problem on the basis of the model is the privatization of a land plot, which demonstrates the operation of the cadastral information processing centre through a logical sequence of stages, starting from submitting an application to receiving an extract of land ownership.

Keywords: cadastral systems, land management, modelling, logic, land plot, land administration, cadastral information processing centre.

References

1. Zarytskyi, A. V. (2018). Tekhnolohiia pobudovy monitorynhu rehionalnykh resursiv na osnovi ranzhuvannia informatsiinykh system upravlinnia terytoriiamy (PhD thesis). Kharkiv. URL: https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/ZarytskyiOV_Aref.pdf [in Ukrainian].

2. Meteshkin, K. O., Pilicheva, M. O., & Masliy, L. O. (2022). Derzhavnyi zemelnyi kadastr u noosfernii kontseptsii V. I. Vernadskoho. *Komunalne hospodarstvo mist. Seriia: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, (173), 86–90. URL: https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5985 [in Ukrainian].

3. Gubar, Y., Khavar, Y., & Vash, Y. (2021). Shliakhy rozvytku natsionalnykh kadastrovykh system. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, (41), 151–163. URL: http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2021/05/20.pdf [in Ukrainian].

4. Meteshkin, K. O., Pilicheva, M. O., & Masliy, L. O. (2023). Porivnialnyi analiz kharakterystyk kadastrovykh system krain Yevropeiskoho Soiuzu. *Komunalne hospodarstvo mist. Seriia: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, (177), 85–91. URL: https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6128 [in Ukrainian].

5. Stoter, J., Ploeger, H., & van Oosterom, P. (2013). 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability. Computers, Environment and Urban Systems, 40, 56–67. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971512000841?via%3Dihub. [in English].

6. Döner, F., & Sirin, S. (2020). 3D digital representation of cadastral data in Turkey – Apartments case. Land, 9(6), 1–17. URL: https://www.mdpi.com/2073-445X/9/6/179. [in English].

7. Ying, S., Li, C., Chen, N., Jia, Y., Guo, R., & Li, L. (2021). Object analysis and 3D spatial modelling for uniform natural resources in China. Land, 10(11), 1–22. URL: https://www.mdpi.com/2073-445X/10/11/1154. [in English].

8. Bydłosz, J., & Bieda, A. (2020). Developing a UML model for the 3D cadastre in Poland. Land, 9(11), 1–16. URL: https://www.mdpi.com/2073-445X/9/11/466. [in English].

9. Kukhar, M. A. (2018). Modeli kompiuternoi pidtrymky pryiniattia rishen systemy zemelnykh vidnosyn v Ukraini (PhD thesis). Kharkiv, Ukraine. URL: https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/Kuchar_dis.pdf [in Ukrainian].

10. Kukhar, M. A. (2020). Kontseptualni modeli pidtrymky pryiniattia rishen v bahatorivnevykh systemakh administruvannia. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, (3), 51–56. URL: https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/issue/view/1025 [in Ukrainian].

11. Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2009). Land administration for sustainable development. California: Esri Press. URL: https://cepa.rmportal.net/Library/natural-resources/Land%20Administration%20for%20Sustainable%20Development.pdf. [in English].

УДК: 528.4:332.3 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-124-131**
UDC: 528.4:332.3

СТАН ТА ТРАНСФОРМАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ У СФЕРІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

STATUS AND TRANSFORMATION PROCESSES IN THE FIELD OF LAND USE AT THE REGIONAL LEVEL



***Мамонов Костянтин Анатолійович**, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Kostyantin.Mamonov@kname.edu.ua,*

https://orcid.org/0000-0002-0797-2609



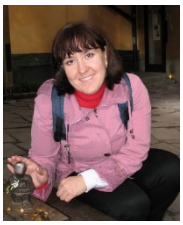
***Кондращенко Олена Володимирівна**, доктор технічних наук, професорка Кафедри «Матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій», Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна,E-mail – olena.kondraschenko@kname.edu.ua*

ID ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6739-3457



***Нестеренко Сергій Григорович,** кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Serhiy.Nesterenko@kname.edu.ua*

https://orcid.org/0000-0001-5124-9728



***Пілічева Марина Олегівна,** кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна*
e-mail: Maryna.Pilicheva@kname.edu.ua

https://orcid.org/0000-0003-1733-7534



***Гой Василь Васильович**, кандидат економічних наук, асистент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна,e-mail: Vasyl.Hoi@kname.edu.ua*

https://orcid.org/0000-0003-1822-4478

Анотація. Встановлено, що за останні роки, в умовах накопичення негативних явищ, зростання впливу наслідків агресії РФ, знижується ефективність використання земель на регіональному рівні, можливості розподілу земель, формування та реалізація комплексних планів розвитку, функціонування земельних ресурсів територіальних громад.

Поряд з цим, на недостатньому рівні сформовані та реалізуються напрями управління земельними відносинами регіонів, застосування багатофункціонального кадастру нерухомості. Існують певні протиріччя щодо інформаційного забезпечення формування та використання земельних ресурсів, де застосовуються значна кількість кадастрів та реєстрів.

Досягнута мета дослідження щодо визначення напрямів розвитку земельних відносин на регіональному рівні. Для проведення дослідження вирішені завдання: характеристика стану формування та використання земельних ресурсів регіонів; виокремлення особливостей трансформаційних процесів, що відбуваються у сфері земельних відносин на регіональному рівні.

У результаті дослідження стану визначені трансформаційні процеси, які пов'язані із скороченням земельного фонду, що негативно впливає на розвиток земельних відносин. Це пов'язано із наслідками впливу зовнішніх і внутрішніх чинників, наслідків агресії РФ. У семи регіонах у поточному році визначені частки недоступних земель. У цьому контексті запропоновані напрями, які пов'язані із формуванням комплексних дій використання земельних ресурсів, управління земельними відносинами із врахуванням впливу просторових, містобудівних, екологічних, інвестиційних, безпекових чинників. Крім того, для підвищення ефективності використання земель особливого значення має розробка та використання моніторингових процедур, геоінформаційних систем, впровадження елементів системи земельного адміністрування.

Ключові слова: використання земель, стан, трансформаційні процеси, моніторинг, геоінформаційні системи, земельне адміністрування, просторові, містобудівні, екологічні, інвестиційні, безпекові чинники.

Вступ. Земельні ресурси відіграють важливе значення для забезпечення розвитку регіонів. Вони виступають одним із ресурсів, що створюють умови для ефективності функціонування регіональних структур, взаємодії стейкхолдерів, можливості для застосування сучасного інструментарію земельного адміністрування та геоінформаційних систем.

У системі земельних відносин на регіональному рівні сформовано та активно застосовується нормативно-правове забезпечення: Конституція України, Земельний кодекс, Закони України «Про оренду землі», «Про Державний земельний кадастр», «Про землеустрій», «Про оцінку земель», «Про охорону земель», «Про місцеве самоврядування в Україні», Постанови Кабінету міністрів України «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру», «Про організацію робіт та методику розподілу земельних ділянок між власниками земельних часток (паїв)» та ін. [1-10].

За останні роки, в умовах накопичення негативних явищ, зростання впливу наслідків агресії РФ, знижується ефективність використання земель на регіональному рівні, можливості розподілу земель, формування та реалізація комплексних планів розвитку, функціонування земельних ресурсів територіальних громад.

Поряд з цим, на недостатньому рівні сформовані та реалізуються напрями управління земельними відносинами регіонів, застосування багатофункціонального кадастру нерухомості. Існують певні протиріччя щодо інформаційного забезпечення формування та використання земельних ресурсів, де застосовуються значна кількість кадастрів та реєстрів.

Таким чином, тема дослідження щодо визначення стану та особливостей реалізації трансформаційних процесів, що відбуваються у сфері земельних відносин на регіональному рівні є актуальним питанням, вирішення якого дозволяє сформувати основу для прийняття обґрунтованих рішень.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є визначення напрямів розвитку земельних відносин на регіональному рівні.

Для проведення дослідження вирішені завдання:

- характеристика стану формування та використання земельних ресурсів регіонів;
- виокремлення особливостей трансформаційних процесів, що відбуваються у сфері земельних відносин на регіональному рівні.

Огляд теоретичних положень. Характеризуючи стан та трансформаційні процеси, що відбуваються у сфері земельних відносин на регіональному рівні, відсутні єдині підходи до їх формування й розвитку. Окремі наукові дослідження спрямовані на формування напрямів та виокремлення особливостей територіального розвитку використання земель [11].

Для формування та використання земельних відносин на регіональному рівні формується кількісна основа прийняття обґрунтованих рішень шляхом здійснення оцінних процедур, на важливостях реалізації яких наголошується у роботах [12].

Можливості та особливості застосування геоінформаційних систем у сфері земельних відносин визначені у розробках [13].

Поряд з цим, залишаються невирішеними питання формування та реалізації напрямів забезпечення ефективності використання земельних ресурсів на регіональному рівні. У цьому контексті одним із важливих питань є формування кількісного підгрунтя на основі визначення стану та тенденцій змін використання ресурсів.

Основна частина. Напрями та особливості здійснення земельних відносин представлені у роботах [14].

У результаті аналізу визначено, що за 2021 – 2024 рр. спостерігалось скорочення загальної площі земель, що обумовлено внутрішніми і зовнішніми процесами, впливом наслідків агресії РФ (рис. 1). Найбільшу питому вагу займають сільськогосподарські угіддя, які за досліджений період скоротились на 26,3 % (рис. 2). Це негативно вплинуло на динаміку загального земельного фонду.

Аналогічна динаміка спостерігається у сфері реллі та перелог, сіножатей та пасовища, лісів та лісовритих земель. До позитивних трансформацій слід віднести зростання обсягів використання земель за останні два роки.

Динаміка земельного фонду за регіонами України у 2024 р. представлена на рис. 3.

Встановлено, що найбильшу питому вагу за земельними ресурсами мають регіони: Харківський, Одеський, Дніпропетровський, Чернігівський, Житомирський, Полтавський, Херсонський (рис. 4). Більшість регіонів знаходяться під впливом агресивних дій РФ, що негативно впливає на розвиток земельних відносин.

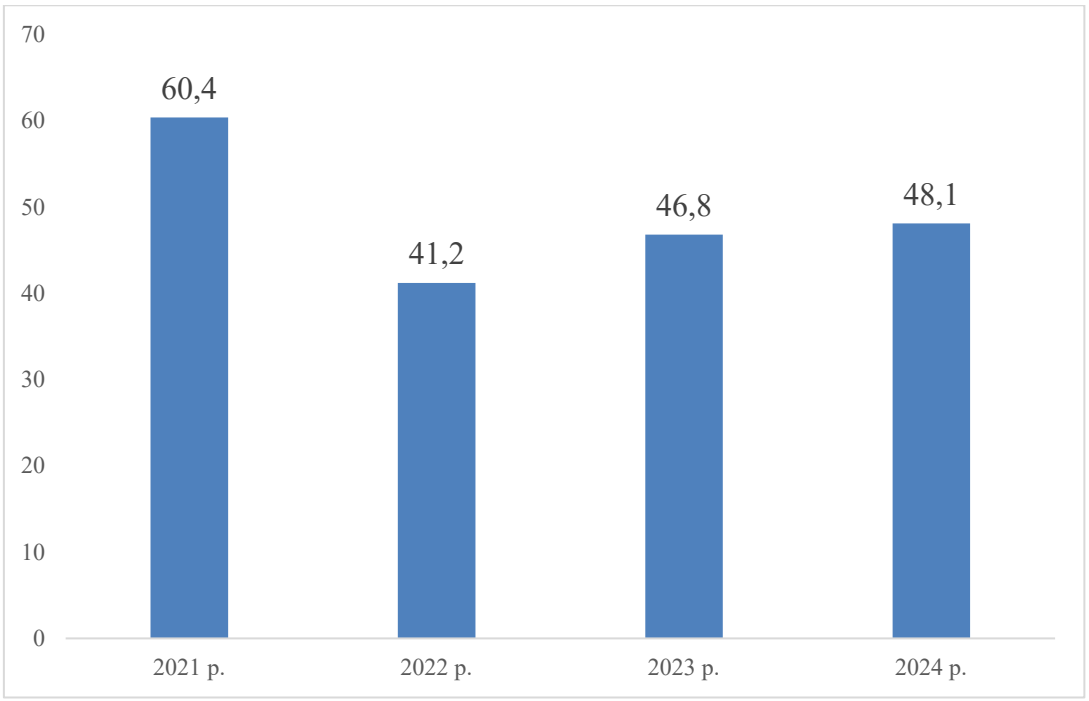


Рисунок 1 – Динаміка загального земельного фонду України, млн. га за даними [15]
Figure 1 – Dynamics of the total land fund of Ukraine, million hectares according to [15]

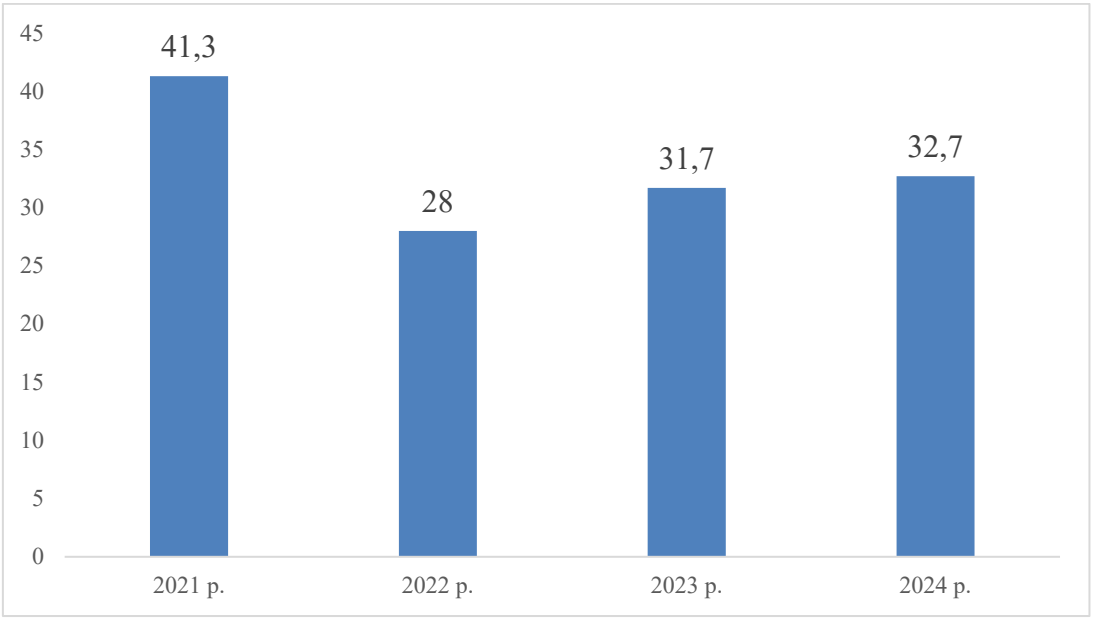


Рисунок 2 – Динаміка земель сільськогосподарського призначення, млн. га за даними [15]
Figure 2 – Dynamics of agricultural land, million hectares according to [15]

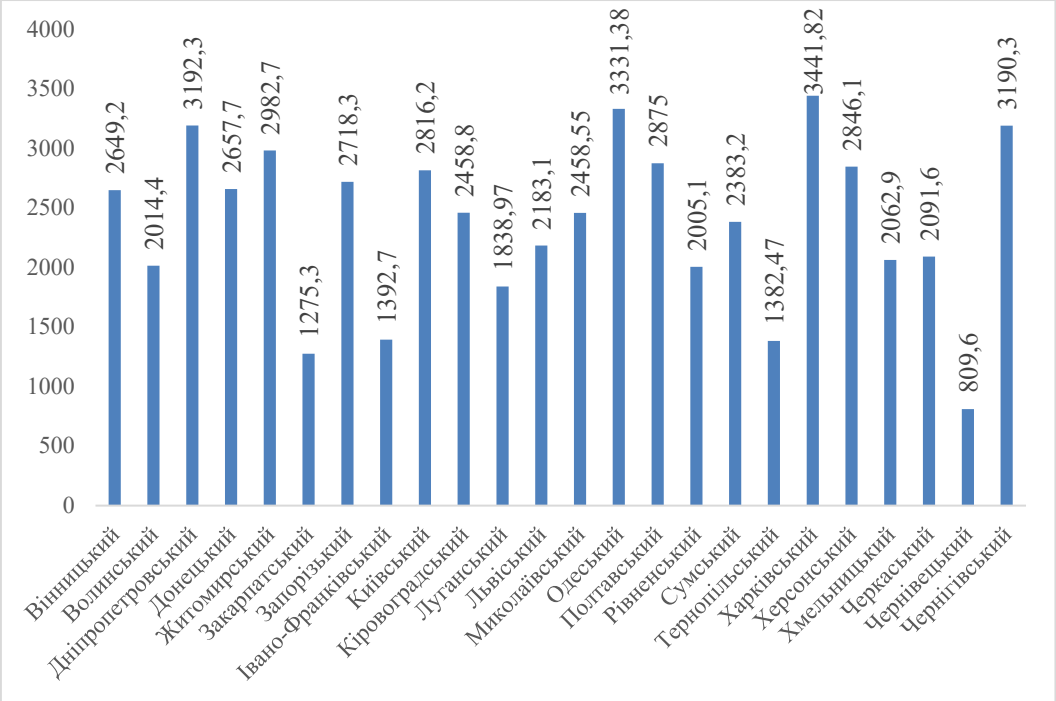


Рисунок 3 **–** Динаміка земельного фонду за регіонами України у 2024 р., тис. га. за даними [15]
Figure 3 **–** Dynamics of land fund by regions of Ukraine in 2024, thousand hectares according to [15]

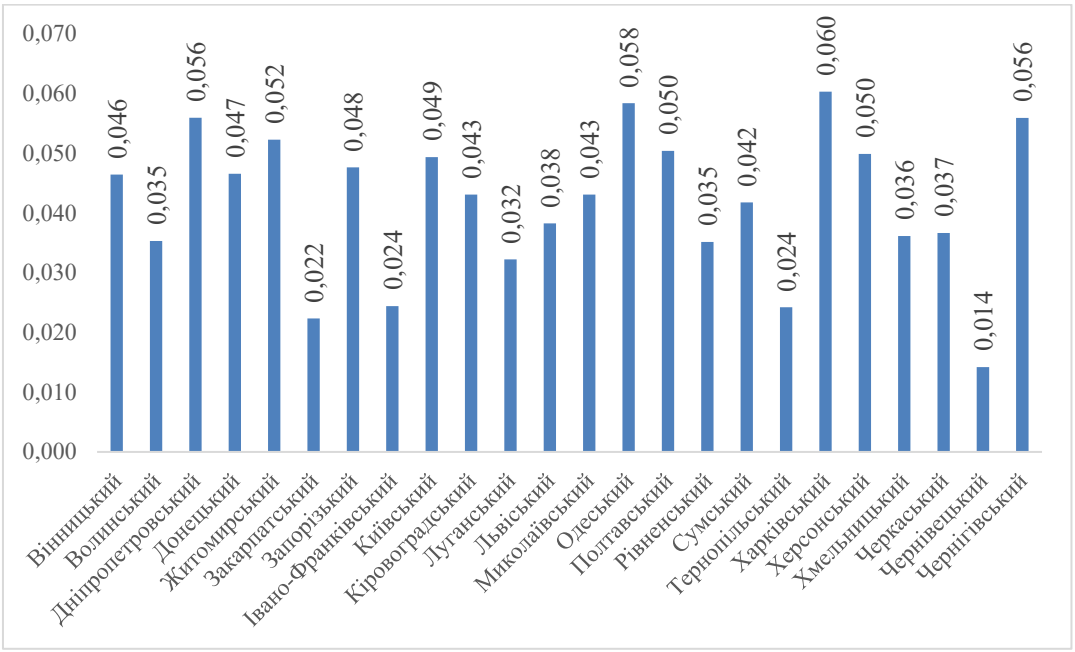


Рисунок 4 **–** Питома вага земель регіонів у загальній їх площі, відн. од. за даними [15]
Figure 4 **–** Specific weight of lands of regions in their total area, relative units according to [15]

Слід вказати, обсяг частки недоступних земель у 2024 р. спостерігається у регіонах:

Донецький – 64 %;
Запорізький – 74 %;
Луганський – 100 %;
Миколаївський – 3 %;
Сумський – 15 %;
Харківський – 20 %;
Херсонський – 80 %.

Висновки. Таким чином, у результаті дослідження стану визначені трансформаційні процеси, які пов'язані із скороченням земельного фонду, що негативно впливає на розвиток земельних відносин. Це пов'язано із наслідками впливу зовнішніх і внутрішніх чинників, наслідків агресії РФ. У семи регіонах у поточному році визначені частки недоступних земель. У цьому контексті запропоновані напрями, які пов'язані із формуванням комплексних дій використання земельних ресурсів, управління земельними відносинами із врахуванням впливу просторових, містобудівних, екологічних, інвестиційних, безпекових чинників. Крім того, для підвищення ефективності використання земель особливого значення має розробка та використання моніторингових процедур, геоінформаційних систем, впровадження елементів системи земельного адміністрування.

Перелік посилань

1. Конституція України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР,
2. Земельний кодекс України від 25.10.2001 р. № 2768-III,
3. Про оренду землі. Закон України. Документ 161-XIV. Редакція від 01.07.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/161-14#Text,
4. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07. 2011 № 3613-VI,
5. Закон України «Про землеустрій» від 22.05.2003 № 858-IV,
6. Закон України «Про оцінку земель» від 11.12.2003 р. № 1378-IV,
7. Закон України „Про охорону земель" від 20.09.2019 № 124-IX,
8. Про місцеве самоврядування в Україні. Закон України. Документ 280/97-ВР. Редакція від 21.09.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-вр#Text,
9. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру. Постанова Кабінету міністрів України від 17 жовтня 2012 р. № 1051. Документ 1051-2012-п. Редакція від 10.08.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п#Text,
10. Про організацію робіт та методику розподілу земельних ділянок між власниками земельних часток (паїв). Постанова Кабінету міністрів України від 4 лютого 2004 р. № 122. Документ 122-2004-п. Редакція від 21.06.2019. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/122-2004-п#Text
11. Mamonov K., Sklyar I., Pilicheva M., Kasyanov V., Shyshkin E. A model for assessing the regional land-use territorial development. Geodesy and Cartography. Vol. 70, № 2, 2021, pp. 1 – 11.,
12. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні : навч. посібник / Ю. Ф. Дегтяренко, М. Г. Лихогруд, Ю. М. Манцевич, Ю. М. Палеха. – Київ : Профі, 2007. – 624 с., Пазинич В. І. Оцінка об'єктів нерухомості : навч. посібник / В. І. Пазинич, Л. А. Свистун. – Київ «ЦУЛ», 2009. – 434 с.,
13. Мамонов К. А., Горб О. І., Наливайко Т. А., Поморцева О. Є. Особливості вивчення геоінформаційних систем при підготовці здобувачів спеціальності «Геодезія та землеустрій». Комунальне господарство міст: Харків : Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова. Серія: Інженерні науки і архітектура. 2023. Том 4. Вип. 178. С. 157 – 166., 7.

14.Мамонов К. А., Нестеренко С. Г., Кондратюк І. В., Фролов В. О. Сучасний інструментарій забезпечення використання нерухомості на регіональному рівні. Науковий журнал «АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ І ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО». Випуск 114. Частина 2. 2023. - С. 153-163. http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/114.2/153.pdf.,

15.О. Николюк, П. Пивовар, Р. Назаркіна, Г. Стольнікович, М. Богонос. Динаміка земельного фонду: як змінилися земельні ресурси України після 24 лютого 2022 року. Центр досліджень продовольства та землекористування. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad_2_ukr.pdf.

STATUS AND TRANSFORMATION PROCESSES IN THE FIELD OF LAND USE AT THE REGIONAL LEVEL

Mamonov Kostiantyn A., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Kostyantin.Mamonov@kname.edu.ua, https://orcid.org/0000-0002-0797-2609

Kondrashchenko Olena V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Materials Science and Engineering of Composite Structures, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail : olena.kondraschenko@kname.edu.ua, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6739-3457

Nesterenko Serhii H., PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Serhiy.Nesterenko@kname.edu.ua, https://orcid.org/0000-0001-5124-9728

Pilicheva Maryna O., PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Maryna.Pilicheva@kname.edu.ua, https://orcid.org/0000-0003-1733-7534

Goy Vasyl V., PhD in Economics, Assistant Professor, Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Vasyl.Hoi@kname.edu.ua, https://orcid.org/0000-0003-1822-4478

Abstract. The article establishes that in recent years, in the context of accumulation of negative phenomena, growing impact of the consequences of Russian aggression, the efficiency of land use at the regional level, the possibility of land distribution, formation and implementation of comprehensive development plans, and functioning of land resources of territorial communities have been reduced.

At the same time, the areas of regional land relations management and the use of a multifunctional real estate cadastre are not sufficiently developed and implemented. There are certain contradictions regarding information support for the formation and use of land resources, where a significant number of cadastres and registers are used.

The purpose of the study is to determine the directions of development of land relations at the regional level. To conduct the study, the following tasks were solved: characterisation of the state of formation and use of land resources in the regions; identification of the peculiarities of transformation processes taking place in the field of land relations at the regional level.

As a result of the study of the state of affairs, the author identifies the transformational processes associated with the reduction of the land fund, which negatively affects the development of land relations. This is due to the effects of external and internal factors, as well as the consequences of Russian aggression. This year, the shares of inaccessible land were determined in seven regions. In this context, directions have been

proposed that are related to the formation of comprehensive actions for the use of land resources and management of land relations, taking into account the impact of spatial, urban planning, environmental, investment, and security factors. In addition, in order to increase the efficiency of land use, it is of particular importance to develop and use monitoring procedures, geographic information systems, and implement elements of the land administration system.

Keywords: land use, status, transformation processes, monitoring, geographic information systems, land administration, spatial, urban planning, environmental, investment, security factors.

References

1. Konstytutsiya Ukrayiny vid 28.06.1996 r. № 254k/96-VR.

2. Zemel′nyy kodeks Ukrayiny vid 25.10.2001 r. № 2768-III.

3. Pro orendu zemli. Zakon Ukrayiny. Dokument 161-XIV. Redaktsiya vid 01.07.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/161-14#Text.

4. Zakon Ukrayiny «Pro Derzhavnyў zemel′nyў kadastr» vid 07.07. 2011 № 3613-VI.

5. Zakon Ukrayiny «Pro zemleustriy» vid 22.05.2003 № 858-IV.

6. Zakon Ukrayiny «Pro otsinku zemel» vid 11.12.2003 r. № 1378-IV.

7. Zakon Ukrayiny «Pro okhoronu zemel» vid 20.09.2019 № 124-IX.

8. Pro mistseve samovryaduvannya v Ukrayini. Zakon Ukrayiny. Dokument 280/97-VR. Redaktsiya vid 21.09.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-vr#Text.

9. Pro zatverdzhennya Poryadku vedennya Derzhavnoho zemel′noho kadastru. Postanova Kabinetu ministriv Ukrayiny vid 17 zhovtnya 2012 r. № 1051. Dokument 1051-2012-p. Redaktsiya vid 10.08.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-p#Text,

10. Pro orhanizatsiyu robit ta metodyku rozpodilu zemel′nykh dilyanok mizh vlasnykamy zemel′nykh chastok (payiv). Postanova Kabinetu ministriv Ukrayiny vid 4 lyutoho 2004 r. № 122. Dokument 122-2004-p. Redaktsiya vid 21.06.2019. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/122-2004-p#Text

11. Mamonov K., Sklyar I., Pilicheva M., Kasyanov V., Shyshkin E. A model for assessing the regional land-use territorial development. Geodesy and Cartography. Vol. 70, № 2, 2021, pp. 1 – 11.,

12. Metodychni osnovy hroshovoï otsinky zemel′ v Ukraïni : navch. posibnyk / YU. F. Dehtyarenko, M. H. Lykhohrud, YU. M. Mantsevych, YU. M. Palekha. – Kyïv : Profi, 2007. – 624 s., Pazynych V. I. Otsinka ob″yektiv nerukhomosti : navch. posibnyk / V. I. Pazynych, L. A. Svystun. – Kyïv «TSUL», 2009. – 434 s.,

13. Mamonov K. A., Horb O. I., Nalyvayko T. A., Pomortseva O. YE. Osoblyvosti vyvchennya heoinformatsiynykh system pry pidhotovtsi zdobuvachiv spetsial′nosti «Heodeziya ta zemleustriy». Komunal′ne hospodarstvo mist: Kharkiv : Kharkivs′kyy natsional′nyy universytet mis′koho hospodarstva im. O.M. Beketova. Seriya: Inzhenerni nauky i arkhitektura. 2023. Tom 4. Vyp. 178. S. 157 – 166., 7.

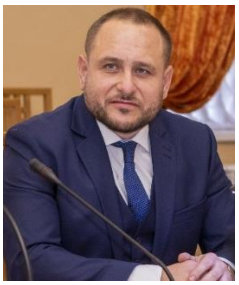
14. Mamonov K. A., Nesterenko S. H., Kondratyuk I. V., Frolov V. O. Suchasnyy instrumentariy zabezpechennya vykorystannya nerukhomosti na rehional′nomu rivni. Naukovyy zhurnal «AVTOMOBIL′NI DOROHY I DOROZHNYE BUDIVNYTSTVO». Vypusk 114. Chastyna 2. 2023. - S. 153-163. http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/114.2/153.pdf.,

15. O. Nykolyuk, P. Pyvovar, R. Nazarkina, H. Stol′nikovych, M. Bohonos. Dynamika zemel′noho fondu: yak zminylysya zemel′ni resursy Ukrayiny pislya 24 lyutoho 2022 roku. Tsentr doslidzhen′ prodovol′stva ta zemlekorystuvannya. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad_2_ukr.pdf.

УДК: 528.4:332.3 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-132-138**
UDC: 528.4:332.3

ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНИХ І БЕЗПЕКОВИХ ЧИННИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ У СИСТЕМІ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ

ASSESSMENT OF INVESTMENT, INNOVATION AND SECURITY FACTORS OF LAND USE IN THE SYSTEM OF TERRITORIAL DEVELOPMENT OF REGIONS



Мамонов Костянтин Анатолійович, *доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна,*
e-mail: Kostyantin.Mamonov@kname.edu.ua,

https://orcid.org/0000-0002-0797-2609



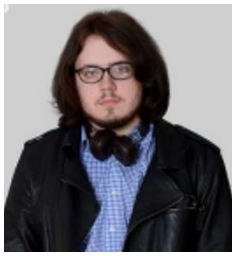
Гой Василь Васильович, *кандидат економічних наук, асистент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Vasyl.Hoi@kname.edu.ua*

https://orcid.org/0000-0003-1822-4478



Ковальчук Василь Степанович, *аспірант кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна*
e-mail: vasyl.kovalchuk@kname.edu.ua

https://orcid.org/0009-0007-1394-7008



Мамонов Владислав Костянтинович, *здобувач вищої освіти Навчально-науковий інститут комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна*
E-mail – thevladwork@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-9323-6760

Анотація: Визначено, що формування сучасної системи земельних відносин спрямовано на підвищення ефективності використання земель для забезпечення територіального розвитку на регіональному рівні. Особливого значення має формування кількісної основи забезпечення територіального розвитку використання земель регіонів на основі здійснення оцінки для прийняття обґрунтованих рішень і розробки пропозицій підвищення ефективності землекористування.

Досягнута мета щодо формування напрямів оцінки інвестиційно-інноваційних і безпекових чинників використання земель у системі територіального розвитку регіонів.

Вирішені завдання: виокремлення інвестиційно-інноваційних і безпекових чинників використання земель; розробка напрямів оцінки інвестиційно-інноваційних і безпекових чинників використання земель у системі територіального розвитку регіонів.

У результаті дослідження на основі систематизації теоретико-методичних положень і нормативно-правового забезпечення, виокремлені локальні інвестиційно-інноваційні та безпекові чинники територіального розвитку використання земель регіонів. Запропоновані напрями оцінки локальних і узагальнюючих інвестиційно-інноваційних та безпекових показників. Визначені методи оцінки та запропоновані узагальнюючи моделі. Представлені заходи дозволили сформувати кількісну основу для прийняття обґрунтованих рішень у системі забезпечення територіального розвитку використання земель регіонів.

Ключові слова: територіальний розвиток використання земель, оцінка земель регіонів, інвестиційно-інноваційні показники, безпекові показники, експертні методи, аналітичні методи, моделі оцінки.

Вступ. Формування сучасної системи земельних відносин спрямовано на підвищення ефективності використання земель для забезпечення територіального розвитку на регіональному рівні. За останні роки відбувається уповільнення або зниження основних чинників землекористування, скорочення рівня нормативної грошової оцінки, гальмуються показники функціонування діяльності сфер на регіональному рівні.

Для забезпечення територіального розвитку використання земель регіонів на недостатньому рівні сформовано нормативно-правове забезпечення. Визначені окремі законодавчі акти, які характеризуються напрями та особливості розвитку регіонів та інших територій, використання земель. Слід вказати на розробку теоретико-методичної платформи щодо визначення та оцінки рівня територіального розвитку використання земель регіонів.

Поряд з цим, особливого значення має формування кількісної основи забезпечення територіального розвитку використання земель регіонів на основі здійснення оцінки для прийняття обґрунтованих рішень і розробки пропозицій підвищення ефективності землекористування. У цьому процесі для комплексної оцінки необхідно враховувати інвестиційно-інноваційні й безпекові чинники використання земель у системі територіального розвитку регіонів.

Таким чином, тема дослідження відносно оцінки інвестиційно-інноваційних і безпекових чинників використання земель у системі територіального розвитку регіонів є актуальною.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є формування напрямів оцінки інвестиційно-інноваційних і безпекових чинників використання земель у системі територіального розвитку регіонів.

Представлене дослідження здійснюється у розрізі наступних завдань:

- виокремлення інвестиційно-інноваційних і безпекових чинників використання земель;
- розробка напрямів оцінки інвестиційно-інноваційних і безпекових чинників використання земель у системі територіального розвитку регіонів.

Огляд теоретичних положень. Окремі теоретичні обґрунтування щодо визначення територіального розвитку використання земель регіонів, його структурних елементів представлені у роботах авторів [1, 2, 3].

Поряд з цим, особливого значення має розробка та реалізація напрямів оцінки рівня територіального розвитку використання земель регіонів для формування кількісної основи прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Основна частина. У системі територіального розвитку використання земель регіонів визначаються інвестиційно-інноваційні чинники, які характеризуються відповідними напрямами, особливостями, ознаками. У цьому контексті слід відзначити наукові розробки [4, 5].

Характеризуючи нормативно-правове забезпечення, визначені інвестиційно-інноваційні чинники територіального розвитку використання земель регіонів, зокрема рівні:

- забезпечення інвестиційної діяльності;
- стейкхолдерних відносин між суб'єктами інвестиційної діяльності;
- державного регулювання інвестиційної діяльності;
- державної підтримки інвестиційних проектів;
- забезпечення захисту інвестицій;
- формування і забезпечення іноземних інвестицій;
- забезпечення та здійснення інноваційної діяльності;
- державного регулювання та управління у науковій і науково-технічній діяльності;
- формування та застосування фінансово-кредитних та податкових інструменти державного регулювання у сфері наукової і науково-технічної діяльності;
- грантової підтримка наукової і науково-технічної діяльності за рахунок коштів державного бюджету;
- державної підтримки міжнародного наукового та науково-технічного співробітництва [6].

В системі територіального розвитку особливого значення має визначення та характеристика інвестиційної привабливості земель, як комплексної категорії, що враховує напрями та особливості землекористування, рівень інвестиційної активності, взаємодію стейкхолдерів, інструменти забезпечення інвестиційної привабливості та ін. У цьому контексті слід відзначити наукові розробки [7, 8, 9].

При цьому визначаються напрями оцінки інвестиційної привабливості, відповідні чинники, що впливають на цей процес, методи і моделі.

У сучасних умовах у системі територіального розвитку використання земель набувають актуальності безпекові чинники. Визначаються рівень екологічної, військової, фінансово-економічної, політичної, соціальної, майнової, техногенної, транспортної, трудової, правової безпеки.

Визначені безпекові чинники охорони земель відповідно до нормативно-правового забезпечення, а саме рівні:

- контролю у сфері охорони земель;
- державної комплексної системи спостережень;
- розробки та реалізації державної та регіональної програм використання й охорони земель;
- економічного стимулювання впровадження заходів щодо використання та охорони земель і підвищення родючості ґрунтів;
- забезпечення охорони земель;
- моніторингу земель і грунтів;
- фінансування заходів у сфері охорони земель;
- соціального і правового захисту посадових осіб спеціально уповноважених органів виконавчої влади у сфері державного контролю за використанням та охороною земель [10].

Таким чином, виокремлені локальні інвестиційно-інноваційні та безпекові чинники оцінки рівня територіального розвитку використання земель регіонів (табл. 1).

Таблиця 1 – Локальні інвестиційно-інноваційні та безпекові чинники оцінки рівня територіального розвитку використання земель регіонів

Table 1 – Local investment, innovation and security factors for assessing the level of territorial development of land use in regions

Групи локальних чинників	Позначення	Методи оцінки
Локальні інвестиційно-інноваційні чинники		
Чинники, виокремлені на основі нормативно-правового забезпечення	$TDLU_{11}$, $TDLU_{12}$, $TDLU_{13}$, $TDLU_{14}$, $TDLU_{15}$, $TDLU_{16}$, $TDLU_{17}$, $TDLU_{18}$, $TDLU_{19}$, $TDLU_{110}$, $TDLU_{111}$.	експертні
Рівень формування та використання капітальних інвестицій	$TDLU_{112}$.	аналітичні
Локальні безпекові чинники		
Рівні екологічної, військової, фінансово-економічної, політичної, соціальної, майнової, техногенної, транспортної, трудової, правової безпеки	$TDLU_{21}$, $TDLU_{22}$, $TDLU_{23}$, $TDLU_{24}$, $TDLU_{25}$, $TDLU_{26}$, $TDLU_{27}$, $TDLU_{28}$, $TDLU_{29}$, $TDLU_{210}$.	експертні
Чинники, виокремлені на основі нормативно-правового забезпечення	$TDLU_{211}$, $TDLU_{212}$, $TDLU_{213}$, $TDLU_{214}$, $TDLU_{215}$, $TDLU_{216}$, $TDLU_{217}$, $TDLU_{218}$.	експертні

Визначені напрями оцінки інвестиційно-інноваційних та безпекових чинників оцінки рівня територіального розвитку використання земель регіонів:

- формування інформаційно-аналітичного забезпечення оцінки;
- аналіз та систематизацій нормативно-правового забезпечення;
- виокремлення локальних інвестиційно-інноваційних та безпекових чинників оцінки рівня територіального розвитку використання земель регіонів;
- формування системи інвестиційно-інноваційних та безпекових показників;
- оцінка локальних інвестиційно-інноваційних та безпекових показників із застосуванням експертних і локальних методів;
- побудова моделі оцінки узагальнюючих інвестиційно-інноваційних та безпекових показників;
- оцінка узагальнюючих інвестиційно-інноваційних та безпекових показників;
- інтерпретація отриманих результатів.

Враховуючи напрями оцінки, розроблені моделі оцінки узагальнюючих інвестиційно-інноваційних та безпекових показників:

$$〖TDLU〗_1=\sqrt{(12\&\ 〖TDLU〗_11*\ldots*\ 〖TDLU〗_12)}, \quad (1)$$

$$〖TDLU〗_2=\sqrt{(12\&\ 〖TDLU〗_21*\ldots*\ 〖TDLU〗_218)}. \quad (2)$$

де 〖TDLU〗_1, 〖TDLU〗_2 – узагальнюючі інвестиційно-інноваційні та безпекові показники, відн. од.

На основі отриманих результатів, здійснюється їх інтерпретація. Крім того формується кількісна основа для інтегральної оцінки рівня територіального розвитку використання земель, його прогнозування та розробка заходів підвищення ефективності землекористування й забезпечення територіального розвитку.

Висновки. Отже, у результаті дослідження на основі систематизації теоретико-методичних положень і нормативно-правового забезпечення, виокремлені локальні інвестиційно-інноваційні та безпекові чинники територіального розвитку використання земель регіонів. Запропоновані напрями оцінки локальних і узагальнюючих інвестиційно-інноваційних та безпекових показників. Визначені методи оцінки та запропоновані узагальнюючи моделі. Представлені заходи дозволили сформувати кількісну основу для прийняття обґрунтованих рішень у системі забезпечення територіального розвитку використання земель регіонів.

Перелік посилань

1. Трегуб М. В. Формування просторової інформації для державного земельного кадастру: монографія. Нац. Гірн. ун-т. Д. : НГУ, 2014. 136 с.,

2. Лихогруд О. М. Наукові підходи до визначення цінності земельних ресурсів містобудівних систем у ринкових умовах. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/6_2016/13.pdf/,

3. Палеха Ю. М. Економіко-географічні аспекти формування вартості територій населених пунктів. Наукове видання /Палеха Ю. М. Київ: Профі, 2006. 324 с.,

4. Третяк А. М., Другак В. М., Колганова І. Г. Інновації у землеустрої: авторський нагляд за виконанням проектів землеустрою щодо впорядкування землекористування сільськогосподарських підприємств. Землевпорядний вісник. 2013. № 4. С. 23–29.,

5. Колганов А. Ю., Колганова І. Г. Інновації щодо створення землекористувань індустріальних парків на місцевому рівні. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. 2013. № 1–2. С. 109–115.,

6. Про інвестиційну діяльність. Закон України. Документ 1560-XII. Редакція від 10.10.2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1560-12#Text,

7. Беспалько Р. І., Воронюк Ю. Ю. Інвестиційна привабливість земель сільськогосподарського призначення в Україні. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. № 23(16). С. 309-313.,

8. Мамонов К. А., Радзінська Ю. Б. Дослідження стану та особливостей інвестиційної привабливості земель міст України. Автомобільні дороги і дорожнє: Науково-технічний збірник. К.: НТУ. 2017. Випуск 102. С. 125–129.,

9. Рій І. Ф. Еколого-економічна ефективність та інвестиційна привабливість землекористування у сільському господарстві. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2015. № 5 (64). С. 207-212.,

10.Про охорону земель. Закон України. Документ 962-IV. Редакція від 18.05.2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text

ASSESSMENT OF INVESTMENT, INNOVATION AND SECURITY FACTORS OF LAND USE IN THE SYSTEM OF TERRITORIAL DEVELOPMENT OF REGIONS

Mamonov Kostiantyn A., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Kostyantin.Mamonov@kname.edu.ua, https://orcid.org/0000-0002-0797-2609

Goy Vasyl V., PhD in Economics, Assistant Professor, Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Vasyl.Hoi@kname.edu.ua, https://orcid.org/0000-0003-1822-4478

Kovalchuk Vasyl S., Postgraduate Student, Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: vasyl.kovalchuk@kname.edu.ua, https://orcid.org/0009-0007-1394-7008

Mamonov Vladyslav K., student, Educational and Research Institute of Computer Modelling, Applied Physics and Mathematics, National Technical University 'Kharkiv Polytechnic Institute', Kharkiv, Ukraine, E-mail - thevladwork@gmail.com, https://orcid.org/0009-0009-9323-6760

Abstract: It is determined that the formation of a modern system of land relations is aimed at improving the efficiency of land use to ensure territorial development at the regional level. Of particular importance is the formation of a quantitative basis for ensuring the territorial development of regional land use on the basis of an assessment for making informed decisions and developing proposals to improve the efficiency of land use.

The goal of forming directions for assessing investment, innovation and security factors of land use in the system of territorial development of regions was achieved.

The following tasks were solved: allocation of investment, innovation and security factors of land use; development of directions for assessing investment, innovation and security factors of land use in the system of territorial development of regions.

As a result of the study, based on the systematisation of theoretical and methodological provisions and regulatory and legal support, local investment, innovation and security factors of territorial development of land use in the regions are allocated. The directions of assessment of local and generalised investment, innovation and security indicators are proposed. The methods of assessment are defined and generalising models are proposed. The presented measures allowed to form a quantitative basis for making informed decisions in the system of ensuring the territorial development of land use in the regions.

Keywords: territorial development of land use, regional land valuation, investment and innovation indicators, security indicators, expert methods, analytical methods, valuation models.

References

1. Trehub M. V. Formuvannya prostorovoyi informatsiyi dlya derzhavnoho zemel′noho kadastru: monohrafiya. Nats. Hirn. un-t. D. : NHU, 2014. 136 s.,

2. Lykhohrud O. M. Naukovi pidkhody do vyznachennya tsinnosti zemel′nykh resursiv mistobudivnykh system u rynkovykh umovakh. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/6_2016/13.pdf/,

3. Palekha YU. M. Ekonomiko-heohrafichni aspekty formuvannya vartosti terytoriy naselenykh punktiv. Naukove vydannya /Palekha YU. M. Kyyiv: Profi, 2006. 324 s.,

4. Tretyak A. M., Druhak V. M., Kolhanova I. H. Innovatsiyi u zemleustroyi: avtors′kyy nahlyad za vykonannyam proektiv zemleustroyu shchodo vporyadkuvannya zemlekorystuvannya sil′s′kohospodars′kykh pidpryyemstv. Zemlevporyadnyy visnyk. 2013. № 4. S. 23–29.,

5. Kolhanov A. YU., Kolhanova I. H. Innovatsiyi shchodo stvorennya zemlekorystuvan′ industrial′nykh parkiv na mistsevomu rivni. Zemleustriy, kadastr i monitorynh zemel′. 2013. № 1–2. S. 109–115.,

6. Pro investytsiynu diyal′nist′. Zakon Ukrayiny. Dokument 1560-XII. Redaktsiya vid 10.10.2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1560-12#Text,

7. Bespal′ko R. I., Voronyuk YU. YU. Investytsiyna pryvablyvist′ zemel′ sil′s′kohospodars′koho pryznachennya v Ukrayini. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny. 2013. № 23(16). S. 309-313.,

8. Mamonov K. A., Radzins′ka YU. B. Doslidzhennya stanu ta osoblyvostey investytsiynoyi pryvablyvosti zemel′ mist Ukrayiny. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye: Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. K.: NTU. 2017. Vypusk 102. S. 125–129.,

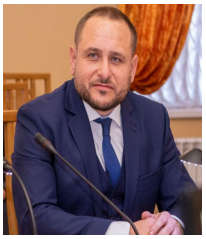
9. Riy I. F. Ekoloho-ekonomichna efektyvnist′ ta investytsiyna pryvablyvist′ zemlekorystuvannya u sil′s′komu hospodarstvi. Visnyk Sums′koho natsional′noho ahrarnoho universytetu. 2015. № 5 (64). S. 207-212.,

10. Pro okhoronu zemel′. Zakon Ukrayiny. Dokument 962-IV. Redaktsiya vid 18.05.2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text

УДК 528.4:332.3 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-139-147**
UDC 528.4:332.3

ГЕОДЕЗИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЧАСНИХ КАДАСТРОВИХ СИСТЕМ

GEODESIC TECHNOLOGIES FOR THE FORMATION OF SPATIAL SECURITY OF MODERN CADASTRAL SYSTEMS



Мамонов Костянтин Анатолійович, *доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com*

http://orcid.org/0000-0002-0797-2609



Штерндок Ернест Сергійович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: shterndok@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0003-1107-7401



Касьянов Володимир Володимирович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kasyanow.vladimir@gmail.com*
https://orcid.org/0000-0003-3506-5982



Бурвіков Ігор Юрійович, *здобувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: scbkha@gmail.com*

https://orcid.org/0009-0004-2821-901X



Фролов Вячеслав Олександрович, *Доктор філософії (PhD), асистент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна, E-mail – Vyacheslav.Frolov@kname.edu.ua*

https://orcid.org/0000-0001-8045-3963

Анотація. Доведено, що сучасні кадастрові системи включають різні аспекти використання нерухомості як системи, що формуються на основі просторового, містобудівного, екологічного й інвестиційного забезпечення. У сучасних умовах необхідно враховувати при формуванні сучасних кадастрових систем напрями та особливості відновлення земельно-майнового комплексу, порушеного внаслідок агресії РФ. Для розробки сучасних кадастрових систем застосовуються геодезичні технології.

Досягнута мета дослідження відносно визначення особливостей застосування геодезичних технологій для формування просторового забезпечення сучасних кадастрових систем, враховуючи напрями відновлення земельно-майнового комплексу. У роботі вирішені наступні завдання: характеристика відновлювальних робіт; визначення нормативно-правового забезпечення відновлювальних робіт; обґрунтування геодезичних технологій, що застосовуються для формування сучасних кадастрових систем; визначення чинників, сформованих у результаті застосування геодезичних технологій, що впливають на відновлення земельно-майнових комплексів і використовуються для розробки сучасних кадастрових систем.

Формування геодезичних технологій й застосування під час відновлення земельно-майнового комплексу спираються на класичні геодезичні методи, адаптовані до сучасних технічних можливостей та складних умов післявоєнного середовища. Вони охоплюють побудову та розвиток опорних мереж, застосування точних приладів і технологій (GNSS, тахеометрів, лазерних сканерів), використання цифрових моделей та ГІС, а також інтеграцію методів аналізу даних з будівельними нормами та архітектурно-планувальними рішеннями. Теоретичне підґрунтя гарантує, що процес геодезичного забезпечення не буде випадковим набором вимірювань, а системним, науково обґрунтованим комплексом дій, який слугує ефективною основою для точного, надійного та безпечного відновлення міського середовища на основі формування просторового забезпечення й розробки сучасних кадастрових систем.

Сучасні геодезичні технології дають змогу підвищити ефективність, точність і безпечність відновлювальних робіт. Від традиційних інструментів, що забезпечують геометричну складову, галузь перейшла до комплексних технологічних рішень, які інтегрують дані з різних джерел, автоматизують рутинні процеси, підтримують безперервний моніторинг та дозволяють приймати обґрунтовані рішення у встановлені терміни.

Застосування сучасних геодезичних технологій дозволяє підвищити достовірність та повноту просторового забезпечення й врахувати його при розробки кадастрових систем. Запропоновано у розрізі формування просторового забезпечення визначити відновлювальні параметри для розробки кадастрової інформації.

Ключові слова: геодезичні технології, сучасні кадастрові системи, просторове забезпечення, відновлення земельно-майнового комплексу.

Вступ. Сучасні кадастрові системи включають різні аспекти використання нерухомості як системи, що формуються на основі просторового, містобудівного, екологічного й інвестиційного забезпечення. У сучасних умовах необхідно враховувати при формуванні сучасних кадастрових систем напрями та особливості відновлення земельно-майнового комплексу, порушеного внаслідок агресії РФ. Для розробки сучасних кадастрових систем застосовуються геодезичні технології.

Для якісного і ефективного проведення відновлювальних робіт зруйнованих та пошкоджених будівель необхідно застосовувати сучасні геодезичні методи забезпечення, що дозволяють з високою

точністю визначити ступінь пошкодження, контролювати правильність монтажу нових конструкцій, а також гарантувати безпеку виконання будівельно-монтажних робіт.

Поряд з цим, для розробки елементів сучасних кадастрових систем розроблено та застосовується відповідне нормативно-правове забезпечення: Конституція України, Земельний Кодекс України, Закон України «Про землеустрій», Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», Закон України «Про Державний земельний кадастр», Закон України «Про містобудівний кадастр».

Виникає необхідність розробки та впровадження ефективних геодезичних технологій, які дозволять забезпечити точне відновлення пошкоджених земельно-майнових комплексів. В умовах постконфліктного відродження міст точність, оперативність та надійність геодезичних вимірювань відіграють важливу роль у досягненні високої якості відновлювальних робіт для формування сучасних кадастрових систем, враховуючі просторові, містобудівні, екологічні, інвестиційні параметри.

Таким чином, тема дослідження щодо визначення напрямів розробки та застосування геодезичних технологій для формування сучасних кадастрових систем є актуальним питанням, вирішення якого дозволяє підвищити ефективність відновлення земельно-майнового комплексу.

Огляд існуючих теоретичних розробок. У післявоєнний період, коли інфраструктура міст та селищ зазнає значних ушкоджень внаслідок бойових дій, виникає необхідність у системному та комплексному підході до відновлення житлових, громадських, промислових та комерційних будівель. Поняття «відновлювальні роботи» у такому контексті охоплює широкий спектр заходів, спрямованих на повернення споруд до експлуатаційного стану, забезпечення їхньої безпеки, функціональності та відповідності містобудівним нормам. Це не просто «ремонт», а злагоджений комплекс дій, що враховує особливості руйнувань, планувальні та конструктивні характеристики об’єктів, а також специфіку правових, економічних та соціальних умов регіону, в якому проводяться роботи [1].

Контекст відновлення будівель передбачає врахування таких факторів, як масштабність та характер пошкоджень, наявність вибухонебезпечних предметів, ризик обвалів, необхідність термінового відновлення критично важливих об’єктів інфраструктури (школи, лікарні, торговельні центри, підприємства, що забезпечують постачання продуктів харчування та медичних товарів) та дотримання сучасних будівельних норм і стандартів. Наприклад, за даними Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, станом на кінець 2023 року в різних регіонах країни зафіксовано пошкодження або повне руйнування понад 150 тисяч будівель різного призначення. Масштаби руйнацій варіюються від незначних тріщин у стінах чи вибитих вікон до повного колапсу несучих конструкцій і знищення несучих каркасів. Так, у містах, які зазнали інтенсивних бойових дій, зокрема Маріуполі, Харкові, Чернігові та Бахмуті, зафіксовано численні випадки обвалення покрівель, фасадів, руйнування міжповерхових перекриттів, пошкодження фундаментів та систем інженерного забезпечення. Світові аналітичні центри, зокрема Світовий банк та ООН, у своїх доповідях вказують на необхідність комплексного підходу до післявоєнної відбудови, який включатиме не лише повернення до довоєнного стану, а й підвищення стійкості будівель до майбутніх надзвичайних подій [2].

Поняття відновлювальних робіт часто асоціюється з такими термінами, як «реконструкція», «ремонт», «реставрація» та «відбудова». Однак між ними є суттєві відмінності, які впливають на класифікацію та вибір методів. Зокрема, «реконструкція» передбачає часткове або повне перепланування об’єкта з можливим поліпшенням його техніко-економічних показників та адаптацією до нових функціональних вимог [3].

При цьому визначаються параметри капітального ремонту, реставрації та відбудови. У контексті формування сучасних кадастрових систем характеризуються експлуатаційна придатність будівель, технічні, архітектурно-планувальні, експлуатаційні параметри.

Для забезпечення відновлення земельно-майнового комплексу застосовується сукупність нормативно-правового забезпечення, які формуються на основі документів ООН, Європейського Союзу та міжнародних об'єднань, які функціонують у представленій сфері. В Україні представлені процеси регулюються нормативно-правовими документами: Закони України «Про регулювання містобудівної діяльності», «Про будівельні норми», та Державні будівельні норми (ДБН), Державні стандарти України (ДСТУ), зокрема [2–6].

Метою дослідження є визначення особливостей застосування геодезичних технологій для формування просторового забезпечення сучасних кадастрових систем, враховуючи напрями відновлення земельно-майнового комплексу.

У роботі вирішуються наступні завдання:

– характеристика відновлювальних робіт;

– визначення нормативно-правового забезпечення відновлювальних робіт;

– обґрунтування геодезичних технологій, що застосовуються для формування сучасних кадастрових систем;

– визначення чинників, сформованих у результаті застосування геодезичних технологій, що впливають на відновлення земельно-майнових комплексів і використовуються для розробки сучасних кадастрових систем.

Виклад основного матеріалу. Процес відновлення земельно-майнового комплексу визначається складними процесами, які потребують застосування геодезичних технологій. Застосовуються класичні методи геодезичних вимірювань (тріангуляція, полігонометрія, нівелювання), доповнені супутниковими технологіями, що дають змогу швидше та точніше визначати положення пунктів навіть у складних міських умовах [7]. Для відновлення земельно-майнового комплексу та формування просторового забезпечення використовуються геодезичні технології, спрямовані на обстеження залишків будівель, фіксацію геометричних параметрів порушених конструкцій, оцінку стійкості фундаментів та несучих елементів.

Основою для таких досліджень є принципи прецизійної геодезії, що включають високоточні кутові та лінійні вимірювання, нівелювання з міліметровою точністю, а також 3D-сканування об'єктів. Дистанційні методи (лазерне сканування, безпілотні літальні апарати з фотограмметричними системами) дають змогу оперативно отримувати детальні тривимірні моделі пошкоджених споруд і територій. Це дозволяє проєктантам і інженерам приймати обґрунтовані рішення щодо технології відбудови, підбору конструктивних елементів та методів зміцнення.

У сучасних реаліях післявоєнного відновлення важливою теоретичною складовою є залучення геоінформаційних систем (ГІС) та технологій BIM (Building Information Modeling). Теоретичні принципи інтеграції геодезичних даних у BIM-моделі полягають у створенні цифрового двійника будівлі, в якому кожен структурний елемент має точні геометричні параметри та координати.

Важливе значення має вибір системи координат і висот для проведення геодезичних робіт у містах, які відбудовуються після руйнувань. Теоретично це спирається на використання державних геодезичних систем координат (наприклад, УСК-2000 або новіші системи), а також на адаптацію місцевих інженерно-геодезичних мереж. У містах, які пройшли через фази активних бойових дій, частина геодезичних пунктів могла бути знищена. Тому теоретичні засади передбачають розробку

системи резервування опорних пунктів, застосування супутникових методів для їх відновлення та уніфікацію координат з глобальними системами, такими як WGS-84 чи ITRF. Це забезпечує можливість інтегрування даних з різних джерел (наприклад, кадастру, картографічних сервісів, даних дистанційного зондування) для повноцінного аналізу міського середовища [8].

Характеристика сучасних геодезичних технологій, що застосовуються для відновлення земельно-майнового комплексу для формування просторового забезпечення кадастрових систем представлена у табл. 1.

Крім того, застосовуються сучасні тахеометри та роботизовані системи. Сучасні тахеометри поєднують у собі функції теодоліта і електронного далекоміра, забезпечуючи високоточні вимірювання кутів та відстаней. Прилади типу Leica TS (наприклад, серії Leica TS13, TS16 або TS30), Trimble S7, Topcon GT володіють точністю на рівні секунди за кутовими вимірюваннями та міліметрів за лінійними. Це дозволяє фахівцям створювати деталізовані тривимірні моделі та стежити за позиціонуванням конструктивних елементів з надзвичайною точністю. Особливо корисною у відновлювальних процесах є роботизація: роботизовані тахеометри можуть автоматично відстежувати призму, якою рухається геодезист або будівельник, без необхідності залучення додаткових помічників. Це підвищує швидкість та точність виконання робіт, що є критично важливим в умовах масштабної та термінової відбудови [8].

GNSS-приймачі (GPS, Galileo, BeiDou) відіграють значну роль у формуванні геодезичного підґрунтя для відновлювальних робіт. Сучасні високоточні GNSS-системи здатні забезпечувати сантиметрову чи навіть міліметрову точність положення. Завдяки мультичастотним та мультиконстеляційним технологіям (наприклад, Leica GS18, Trimble R12, Topcon HiPer HR) зростає надійність прийому сигналів у складних міських умовах, серед високої забудови чи при наявності часткових руйнувань і перешкод. Для відновлення це означає можливість швидко встановити опорні пункти в необхідних місцях, оновити планово-висотну основу та забезпечити базу для точного позиціонування будівельних конструкцій. Також GNSS-приймачі можна поєднувати з тахеометрами у так званих гібридних технологіях, що додатково підвищує ефективність вимірювань, адже оператор може працювати одночасно в різних режимах та координатних системах.

Лазерні сканери (Leica RTC360, Faro Focus, Trimble TX) надають можливість знімати до мільйона точок за секунду, утворюючи високоточну хмару точок, яка описує поверхню об’єкта. Для відновлювальних робіт це означає можливість швидко отримувати точні 3D-моделі зруйнованих конструкцій, виявляти відхилення, планувати демонтаж старих і монтаж нових елементів. Мобільні наземні скануючі системи (наприклад, встановлені на автомобілі або навіть на рюкзаку оператора) дозволяють проводити зйомку великих площ за короткий час. Це корисно для оцінки масштабів руйнувань у міському кварталі, створення ортофотопланів та планів деформацій з високою деталізацією [9].

Безпілотні літальні апарати з високоякісними камерами та сенсорами дають змогу проводити аерофотозйомку, результати якої обробляються фотограмметричним ПЗ (Agisoft Metashape, Pix4D). Отримані 3D-моделі та ортофотоплани дозволяють оцінити стан покрівель, фасадів, а також загальний контекст відновлювальних робіт. Поєднання результатів сканування, наземних вимірювань та аерофотозйомки дає максимально повну картину, а відповідно, допомагає розробити оптимальну стратегію реконструкції. З точки зору технологій, безпілотники оснащуються RTK та PPK системами для підвищення точності, а також використовуються камери з різним спектральним діапазоном (наприклад, інфрачервона) для виявлення дефектів, невидимих у звичайному світлі.

Таблиця 1 – Характеристика сучасних геодезичних технологій, що застосовуються для відновлення земельно-майнового комплексу для формування просторового забезпечення кадастрових систем

Table 1 – Characteristics of modern geodetic technologies used for the restoration of the land and property complex for the formation of spatial support of cadastral systems

Назва геодезичних технологій	Характеристика
Тахеометричний метод	Електронні тахеометри дозволяють виконувати кутові та лінійні вимірювання з високою точністю (до міліметрів на сотні метрів). Це ідеальний інструмент для контролю геометрії складних конструкцій. Під час відновлення будівлі фахівці можуть швидко створити 3D-модель залишків споруди та проектних відміток, забезпечуючи точне позиціонування кожного елемента. Наприклад, при відновленні каркаса торговельно-розважального комплексу можна застосувати тахеометр Leica TS, за допомогою якого виконуються вимірювання координат вузлів каркаса, перевірка вертикальності колон, рівності балок і плит перекриття.
Нівелювання високої точності	Пошкоджені будівлі нерідко зазнають нерівномірних осідань фундаментів та деформацій несучих конструкцій. Метод геометричного нівелювання з точними нівелірами (цифровими приладами, такими як Leica DNA03 чи Trimble DiNi) забезпечує виявлення найменших відхилень у висотному положенні елементів. Під час відновлення це дозволяє вчасно вжити необхідних заходів з підсилення чи компенсації деформацій. Регулярний моніторинг опорних точок (реперів), закріплених на конструкціях, дає змогу попередити раптові обвали або критичні ушкодження відбудованих елементів.
GNSS-технології	Використання GNSS-приймачів, що забезпечують сантиметрову точність, актуальне для відновлення великих об’єктів і територій, коли необхідно швидко оновити геодезичну основу для проектних робіт. GNSS-технології дозволяють створити стабільну систему координат, до якої прив’язують усі наступні вимірювання. З їхньою допомогою фахівці можуть оперативно здійснювати топографічну зйомку прилеглих територій, контролювати інженерні мережі та тимчасові споруди, встановлені під час відновлення.
Лазерне сканування	Тривимірне лазерне сканування перетворило геодезичний контроль на високотехнологічний процес. За допомогою лазерних сканерів (Leica RTC360, Trimble TX series чи Faro Focus) можливо за лічені хвилини отримати мільйони точок хмари, що описують геометрію пошкодженої будівлі з точністю до міліметрів. Отримані дані обробляються у програмному забезпеченні (Cyclone, ReCap, Trimble RealWorks), результатом чого є 3D-модель, на основі якої можна аналізувати пошкодження, планувати етапи відновлення, контролювати точність монтажу нових конструкцій. Це особливо актуально для великих та складних об’єктів, таких як ТРЦ, де кількість конструктивних елементів дуже велика, а підхід до їх відновлення вимагає точності [8].
Фотограмметрія та аерофотозйомка з безпілотних літальних апаратів (БПЛА)	Застосування БПЛА з високоякісними камерами та спеціалізованим ПЗ для фотограмметрії (Agisoft Metashape, Pix4D) дозволяє отримувати ортофотоплани та 3D-моделі об’єктів у стислі терміни.
Дистанційний моніторинг з використанням стаціонарних станцій	У випадках, коли необхідно постійно відстежувати деформації споруди (наприклад, під час монтажу несучих елементів чи виконання земляних робіт біля фундаментів), встановлюються стаціонарні геодезичні станції контролю. Це можуть бути роботизовані тахеометри, які автоматично спостерігають за спеціальними відбивачами, чи лазерні дальноміри, GNSS-приймачі. Дані з таких систем надходять у реальному часі до центру управління, що дозволяє вчасно реагувати на небезпечні тенденції та попередити руйнівні наслідки.

У складних умовах відновлення, коли деформаційні процеси можуть активно розвиватися внаслідок робіт (особливо при реконструкції фундаментів або укріпленні ослаблених конструкцій), велике значення мають технології моніторингу в реальному часі. Це можуть бути стаціонарні інструменти, такі як роботизовані тахеометри, які автоматично вимірюють положення відбивачів, закріплених на ключових точках будівлі, або GNSS-приймачі, що безперервно фіксують рух конструкцій. До того ж сучасні геодезичні мережі підтримують передачу даних через Інтернет у реальному часі, дозволяючи інженерам та проектантам оперативно реагувати на критичні зміни, модифікувати проектні рішення та впроваджувати компенсаційні заходи.

Сучасні геодезичні прилади все частіше доповнюються алгоритмами машинного навчання та штучного інтелекту. Програмне забезпечення може автоматично розпізнавати особливості конструкцій на хмарі точок, класифікувати елементи за їх станом, визначати тріщини та пошкодження, аналізувати динаміку змін у часі. Така автоматизація дозволяє інженерам зосередитися на прийнятті рішень, а не на рутинних операціях з обробки даних, що особливо важливо в умовах великого обсягу робіт та обмеженість терміну.

Висновки. Формування геодезичних технологій й застосування під час відновлення земельно-майнового комплексу спираються на класичні геодезичні методи, адаптовані до сучасних технічних можливостей та складних умов післявоєнного середовища. Вони охоплюють побудову та розвиток опорних мереж, застосування точних приладів і технологій (GNSS, тахеометрів, лазерних сканерів), використання цифрових моделей та ГІС, а також інтеграцію методів аналізу даних з будівельними нормами та архітектурно-планувальними рішеннями. Теоретичне підґрунтя гарантує, що процес геодезичного забезпечення не буде випадковим набором вимірювань, а системним, науково обґрунтованим комплексом дій, який слугує ефективною основою для точного, надійного та безпечного відновлення міського середовища на основі формування просторового забезпечення й розробки сучасних кадастрових систем.

Сучасні геодезичні технології дають змогу підвищити ефективність, точність і безпечність відновлювальних робіт. Від традиційних інструментів, що забезпечують геометричну складову, галузь перейшла до комплексних технологічних рішень, які інтегрують дані з різних джерел, автоматизують рутинні процеси, підтримують безперервний моніторинг та дозволяють приймати обґрунтовані рішення у встановлені терміни.

Застосування сучасних геодезичних технологій дозволяє підвищити достовірність та повноту просторового забезпечення й врахувати його при розробки кадастрових систем. Запропоновано у розрізі формування просторового забезпечення визначити відновлювальні параметри для розробки кадастрової інформації.

Перелік посилань

1. Про регулювання містобудівної діяльності. Закон України. Документ №3038-VI від 17.02.2011. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text
2. ДБН В.1.2-7-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації». Мінрегіонбуд України, Київ, 2008.
3. ДБН А.2.1-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва». Мінрегіон України, Київ, 2014.
4. Про будівельні норми. Закон України. Документ №1704-VI від 05.11.2009. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17#Text

5. Про охорону праці. Закон України. Документ №2694-XII від 14.10.1992. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text

6. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» . Мінрегіон України, Київ, 2018.

7. Guideline for Post-Conflict Reconstruction (UN-Habitat). Nairobi: UN-Habitat, 2022. https://unhabitat.org/peoples-process-in-post-disaster-and-post-conflict-recovery-and-reconstruction

8. Leica Geosystems. Leica GS07 GNSS Receiver. Technical Data Sheet. Heerbrugg, Switzerland: Leica Geosystems AG, 2019.

9. ILO (International Labour Organization). Safety and Health in Construction. ILO Code of Practice. Geneva: ILO, 1992.

GEODESIC TECHNOLOGIES FOR THE FORMATION OF SPATIAL SECURITY OF MODERN CADASTRAL SYSTEMS

Mamonov Kostiantyn A., Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, tel. +380992917354, http://orcid.org/0000-0002-0797-2609

Shterndok Ernest S., Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: shterndok@ukr.net, tel. +380934289234, https://orcid.org/0000-0003-1107-7401

Kasyanov Vladimir V., Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kasyanow.vladimir@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-3506-5982

Burvikov Igor Yu., Graduate student of the Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: scbkha@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-2821-901X

Frolov Viacheslav O., Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: frolgis@gmail.com, тел. +380509816112, https://orcid.org/0000-0001-8045-3963

Summary. It is proved that modern cadastral systems include various aspects of real estate use as a system formed on the basis of spatial, urban planning, environmental and investment support. In modern conditions, it is necessary to take into account the directions and peculiarities of restoration of the land and property complex damaged as a result of the Russian aggression when forming modern cadastral systems. IgorGeodetic technologies are used to develop modern cadastral systems.

The aim of the study is to determine the peculiarities of the use of geodetic technologies for the formation of spatial support of modern cadastral systems, taking into account the directions of restoration of the land and property complex. The paper solved the following tasks: characterisation of restoration works; determination of regulatory and legal support for restoration works; substantiation of geodetic technologies used for the formation of modern cadastral systems; identification of factors formed as a result of the application of geodetic technologies that affect the restoration of land and property complexes and are used for the development of modern cadastral systems.

The formation of geodetic technologies and their application in the restoration of the land and property complex are based on classical geodetic methods adapted to modern technical capabilities and complex

conditions of the post-war environment. These include the construction and development of reference networks, the use of precision instruments and technologies (GNSS, total stations, laser scanners), the use of digital models and GIS, and the integration of data analysis methods with building codes and architectural and planning solutions. The theoretical basis ensures that the process of geodetic support is not a random set of measurements, but a systematic, scientifically based set of actions that serves as an effective basis for accurate, reliable and safe restoration of the urban environment through the formation of spatial support and development of modern cadastral systems.

Modern geodetic technologies make it possible to increase the efficiency, accuracy and safety of restoration work. The industry has moved from traditional tools that provide a geometric component to integrated technological solutions that integrate data from various sources, automate routine processes, support continuous monitoring and allow for informed decision-making within a set timeframe.

The use of modern geodetic technologies allows to increase the reliability and completeness of spatial data and to take it into account when developing cadastral systems. It is proposed to determine the restoration parameters for the development of cadastral information in the context of the formation of spatial support.

Keywords: geodetic technologies, modern cadastral systems, spatial support, restoration of the land and property complex.

References

11.On the regulation of urban planning activities. Law of Ukraine. Document 3038-VI dated 17.02.2011. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text [in Ukrainian].

12. DBN V.1.2-7-2008 «Basic requirements for buildings and structures. Safety of operation». Ministry of Regional Development of Ukraine, Kyiv, 2008. [in Ukrainian].

13.DBN A.2.1-1-2014 «Engineering surveys for construction». Ministry of Regional Development of Ukraine, Kyiv, 2014. [in Ukrainian].

14.On building regulations. Law of Ukraine. Document 1704-VI dated 05.11.2009. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17#Text [in Ukrainian].

15.On labor protection. Law of Ukraine. Document 2694-XII dated 14.10.1992. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text [in Ukrainian].

16.DBN V.1.2-14:2018 «General Principles for Ensuring the Reliability and Structural Safety of Buildings and Structures». Ministry of Regional Development of Ukraine, Kyiv, 2018. [in Ukrainian].

17.Guideline for Post-Conflict Reconstruction (UN-Habitat). Nairobi: UN-Habitat, 2022. https://unhabitat.org/peoples-process-in-post-disaster-and-post-conflict-recovery-and-reconstruction

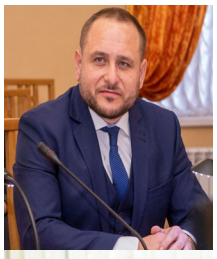
18.Leica Geosystems. Leica GS07 GNSS Receiver. Technical Data Sheet. Heerbrugg, Switzerland: Leica Geosystems AG, 2019.

19.ILO (International Labour Organization). Safety and Health in Construction. ILO Code of Practice. Geneva: ILO, 1992.

УДК 528.4:332.3
UDC 528.4:332.3
DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-148-160

ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БПЛА ТА ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ

FORMATION OF A MODERN SYSTEM OF GEODESIC SUPPORT OF LAND USE USING UAVS AND PHOTOGRAMMETRIC METHODS



Мамонов Костянтин Анатолійович, *доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com*
http://orcid.org/0000-0002-0797-2609



Штерндок Ернест Сергійович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: shterndok@ukr.net*
https://orcid.org/0000-0003-1107-7401



Нестеренко Сергій Григорович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформацій-них систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: nesterenkosg34@gmail.com*
https://orcid.org/0000-0001-5124-9728



Радзінська Юлія Борисівна, *кандидат технічних наук, Доцент кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: radzinskayayb@gmail.com*
https://orcid.org/0000-0002-1661-7975



Касьянов Володимир Володимирович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kasyanow.vladimir@gmail.com*
https://orcid.org/0000-0003-3506-5982

Анотація. Встановлено, що сучасні надзвичайні умови, які характеризуються негативним впливом зовнішніх і внутрішніх чинників, наслідками агресії РФ, потребують формування сучасної інформаційної бази для виконання геодезичних проектів шляхом використання відповідного інструментарію. У цьому контексті особливого значення має формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель на основі обґрунтування дослідницьких методів і сучасних технологій геодезії. Визначена актуальність питань можливостей застосування БПЛА та фотограмметричних методів, які впливають на створення інформаційно-аналітичного підґрунтя для прийняття рішень у сфері територіального розвитку використання земель.

У результаті дослідження досягнута мета відносно визначення напрямів формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель із застосуванням сучасних технологій. Для проведення дослідження вирішуються завдання: характеристика БПЛА технологій для формування сучасної геодезичної системи використання земель; виявлення особливостей застосування фотограмметричного інструментарію.

Визначені напрями та особливості формування сучасної системи геодезичного забезпечення із застосуванням засобів БПЛА та фотограмметричних методів. Запропоновані шляхи здійснення геодезичних досліджень при проведенні знімання та обробки даних, фотограмметричної обробки, формування цифрової моделі.

Ключові слова: сучасна система геодезичного забезпечення, дослідницькі методи, сучасні технології геодезії, використання земель, БПЛА, фотограмметричні методи.

Вступ. Сучасні надзвичайні умови, які характеризуються негативним впливом зовнішніх і внутрішніх чинників, наслідками агресії РФ, потребують формування сучасної інформаційної бази для виконання геодезичних проектів шляхом використання відповідного інструментарію. У цьому контексті особливого значення має формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель на основі обґрунтування дослідницьких методів і сучасних технологій геодезії.

Представлений геодезичний інструментарій та забезпечення формується на основі відповідних нормативно-правових документів і теоретичних положень, що створює теоретико-методологічну платформу створення сучасної системи геодезичного забезпечення. Поряд з цим, виникають певні проблемні питання можливостей застосування БПЛА та фотограмметричних методів, які впливають на створення інформаційно-аналітичного підґрунтя для прийняття рішень у сфері територіального розвитку використання земель.

Отже, тема дослідження є актуальною і має важливе теоретичне й практичне значення для розвитку сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель.

Огляд існуючих теоретичних розробок. В існуючих наукових дослідженнях особлива увага приділяється формуванню інструментального геодезичного й геотехнічного забезпечення [1, 2]. Крім того, виокремлюють автоматизовані системи деформаційного моніторингу та нової інтелектуальної інформаційно-комунікаційної технології спостереження [3, 4]. Узагальнення міжнародного досвіду застосування сучасних геодезичних технологій представлені у роботах [5–8].

Сучасні методи дослідження та технології геодезії, напрями здійснення геодезичних робіт у розробках [9–11]. Для формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель використовуються БПЛА та фотограмметричні методи [9, 12, 13].

Отже, обґрунтовані теоретичні положення щодо формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель із застосування провідних технологій і дослідницьких методів.

Метою дослідження є визначення напрямів формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель із застосуванням сучасних технологій.

Для проведення дослідження вирішуються завдання:

– характеристика БПЛА технологій для формування сучасної геодезичної системи використання земель;

– виявлення особливостей застосування фотограмметричного інструментарію.

Виклад основного матеріалу. 3D-хмара точок (3D-візуалізація) – один з етапів створення точної 3D-моделі реального світу. Це етап для створення цифрової реальності, карта точок в просторі, які обробляються, щоб стати тривимірними моделями практично будь-якого об'єкта. У великому масштабі це включає дороги, будівлі, промислові об'єкти, виробничі підприємства, місця злочинів/аварій, цивільну інфраструктуру, історичні місця, міські пейзажі та ін.

Тривимірні моделі, що засновані на даних хмари точок, використовуються у все більшій кількості галузей для візуалізації, планування і налаштування. Дані можуть трансформуватися, завдяки чому підвищується точність інформації, доступної для різних груп стейкхолдерів.

У цьому контексті визначаються наступні питання:

- структура хмари точок;
- процеси генерації;
- способи використання даних хмари точок.

Групи стейкхолдерів використовувати програмне забезпечення для ефективного і точного створення інформаційної моделі будівлі (BIM) існуючої конструкції або поновлення вихідних проектних моделей з урахуванням реальних умов після будівництва. У випадках роботи над проектами модернізації, проектанти можуть перевірити наявність на віртуальному об'єкті і наявність конфліктів з існуючими умовами. Це допомагає виявити помилки ще до того, як закінчується виконання проектів.

Визначені переваги аерофотознімання з БПЛА:

1. Актуальність і оперативність.
2. Висока роздільна здатність, точність і зручність для візуального аналізу.
3. Можливість 3D-моделювання як для фіксації пошкоджень будівель і споруд, так і для визначення об'ємів порушених ґрунтів.
4. Можливість точної геодезичної прив'язки для моніторингу і накладення на дані державного земельного кадастру (ДЗК).
5. Додаткові дані для розмінування та проектування рекультивації, визначення маси забруднюючих речовин в залежності від калібру снаряду.
6. Зниження собівартості на невеликих ділянках порівняно з класичними геодезичними методами.

У залежності від модифікації БПЛА змінюється процедура обробки матеріалів аерофотознімання в частині геодезичної прив'язки.

Модифікації БПЛА за принципом визначення координат центрів знімків представлена на рис. 1.

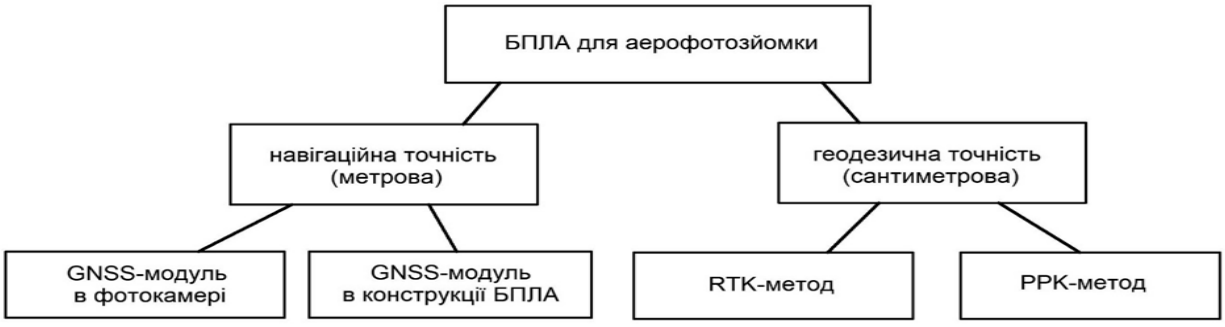


Рисунок 1 *– Модифікації БПЛА за принципом визначення координат центрів знімків*
Figure 1 *– UAV modifications based on the principle of determining the coordinates of the photo centers*

Окрім точності визначення центрів знімків при побудові фотограмметричних моделей – стерео чи тривимірна хмара точок – важливими є також роздільна здатність матриці фотокамери, висота знімання, метеорологічні фактори, польотні показники, елементи експонування знімку тощо.

Проте саме точність визначення координат центрів знімків має найсуттєвіше значення у кількості маркерів, необхідних для орієнтування всієї фотограмметричної моделі. Технологічна схема аерофотознімання з геодезичною прив'язкою висвітлена на рис. 2.

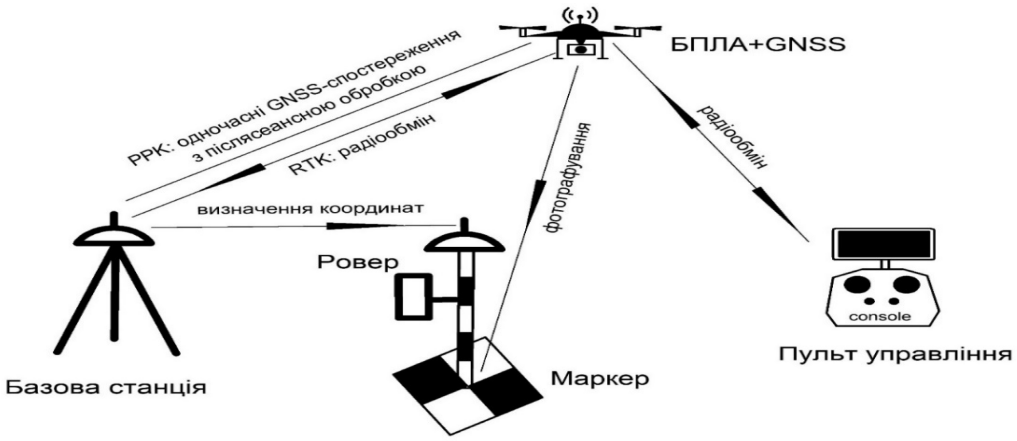


***Рисунок 2** – Технологічна схема аерофотознімання з геодезичною прив'язкою*
***Figure 2** – Technological scheme of aerial photography with geodetic reference*

Для аерофотознімання будівель і споруд, пошкоджених в наслідок бойових дій рекомендується використовувати БПЛА, обладнані GNSS-приймачем геодезичного класу. У результаті реалізації проекту можемо отримати аерофотознімки з відомими точними координатами центрів фотографування, що дозволяє значно зекономити на геодезичній прив'язці фотограмметричної моделі об'єкта.

Для забезпечення геодезичної прив'язки аерофотознімання рекомендується наступна методична послідовність:

1. Проектування маршрутів аерознімання.
2. Маркування розпізнавальних знаків (розмічування маркерів).
3. Координування маркерів за допомогою GNSS в режимі RTK.
4. Координування точки зльоту квадрокоптера за допомогою GNSS в режимі RTK.
5. Координування базової станції, що буде працювати в режимі збору даних в статичному режимі під час аерофотознімання.
6. Увімкнення квадрокоптера, обладнаного GNSS приймачем з режимом PPK, підготовка їх до роботи.
7. Запуск базової станції в статичному режимі, ініціалізація бортового PPK-приймача.
8. Запуск квадрокоптера на маршрут знімання.
9. Вимкнення базової станції на бортового PPK-приймача.
10. Перевірка якості отриманих фотознімків після закінчення місії та посадки квадрокоптера, перевірка послідовних знімків на пропуски (неспрацювання камери або незапис файлу).
11. Попередній розрахунок PPK, перевірка навігаційних рішень і фіксація усіх центрів фотографування.

Для геодезичної прив'язки рекомендується використовувати маркери у вигляді наклейок із спеціальною кодованою формою (рис. 3–4), що дозволяє програмам обробки автоматично ідентифікувати їх, розшифровуючи зображення маркера.

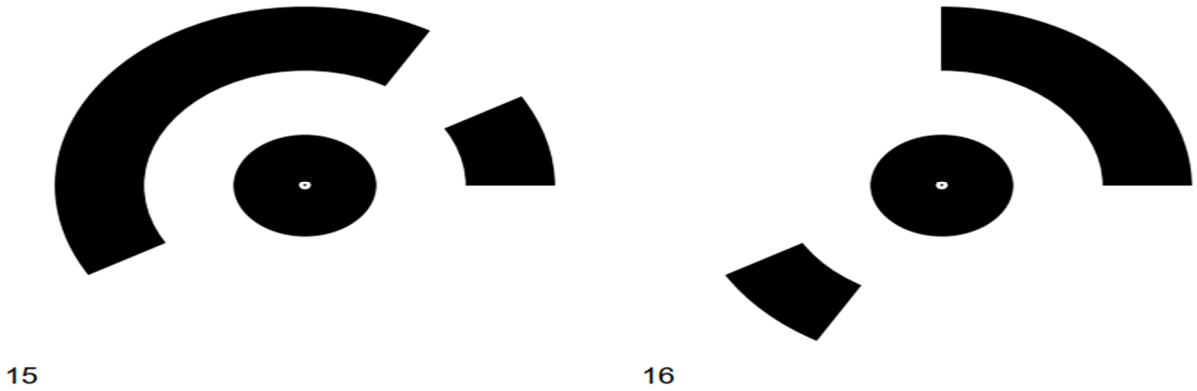


Рисунок 3 – *Кодовані маркери*
Figure 3 – *Coded markers*



Рисунок 4 – *Маркери-наклейки для фотознімання архітектурної/археологічної пам'ятки*
Figure 4 – *Marker stickers for photographing architectural/archaeological monuments*

Для суцільного аерофотознімання забудованої території виконується аерофотознімання у вигляді паралельних маршрутів (рис. 5). У такому випадку в ході подальшої фотограмметричної обробки створюються ряди пов'яаних (зорієнтованих) між собою аерофотознімків, які опрацьовуються в стереоскопічному режимі за допомогою фотограмметричної станції або ж створити 3D-хмару точок.

Суцільне аерофотознімання може використовуватись не тільки на забудованих територіях, але й для визначення засмічення та забруднення грунтів тощо.

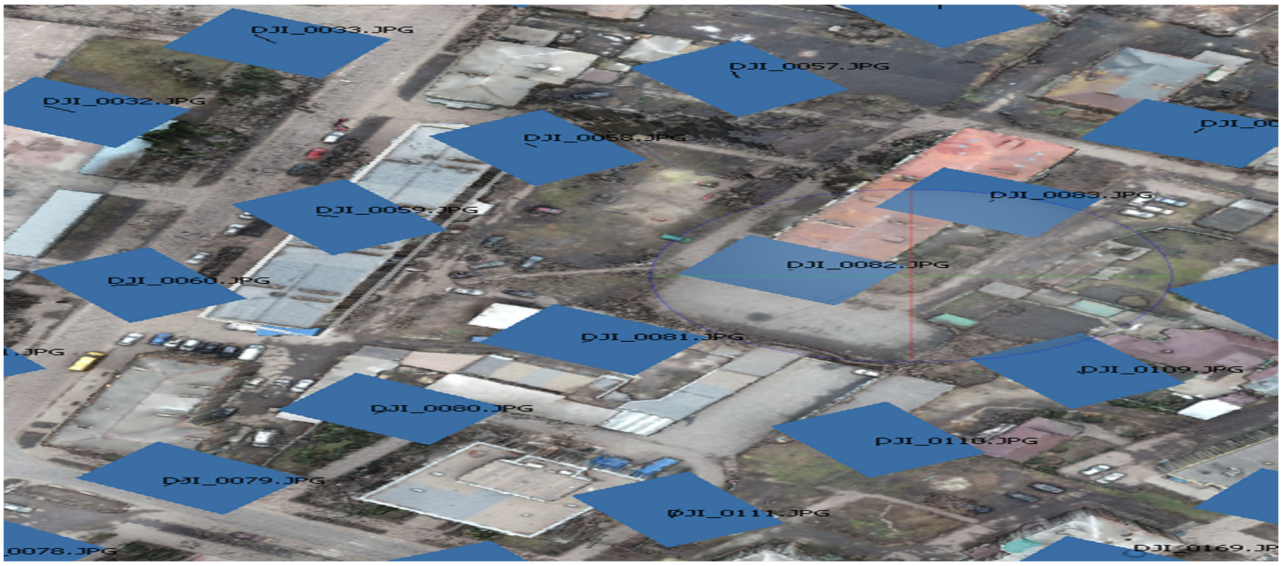


Рисунок 5 – *Суцільне аерофотознімання*
Figure 5 – *Continuous aerial photography*

У випадку знімання окремих будіель чи споруд фотографування виконується з різних сторін об'єкту, а також на різних висотах таким чином щоб отримати щільне перекриття знімків між собою для отримання 3D-хмари точок. Планування точок аерофотознімання одиночного об'єкту для створення 3-D хмари представлено на рис. 6.



Рисунок 5 *– Планування точок аерофотознімання одиночного об'єкту для створення 3-D хмари*
Figure 5 *– Planning aerial photography points of a single object to create a 3-D cloud*

Запропоновані етапи обробки матеріалів аерофотознімання:

1. Оцінка якості аерофотознімків.
2. Визначення координат наземних маркерів і центрів знімків (при необхідності і за наявності обладнання) (рис. 6).
3. Завантаження знімків і координат в програму фотограмметричної обробки (напр., Pix4D).
4. Створення в фотограмметричній програмі ортофотоплана, карт висот (рис.7) та 3D-хмари точок (рис.10).
5. Оцінка якості отриманих матеріалів, формування звіту про фотограмметричну обробку (рис. 8–13).
6. Експорт отриманих даних в формат подальшого аналізу в GIS або CAD (растрові дані – ортофотоплан, геопросторові дані – тривимірні координати).

Вирахування геодезичних координат центрів знімків в системі WGS-84

```
% program   : RTKPOST ver.2.4.3 Emlid b28
% inp file  : D:\temp\chap\EPS_190820-122119.20O
% inp file  : D:\temp\chap\hp_02320.20o
% inp file  : D:\temp\chap\hp_02320.20n
% obs start : 2020/08/19 12:21:42.0 GPST (week2119 303702.0s)
% obs end   : 2020/08/19 12:44:32.2 GPST (week2119 305072.2s)
% ref pos   : 51.688824382   33.197256816   123.6990
%
% (lat/lon/height=WGS84/ellipsoidal,Q=1:fix,2:float,3:sbas,4:dgps,5:single,6:ppp,ns=# of satellites)
%  GPST                  latitude(deg) longitude(deg)  height(m)   Q  ns   sdn(m)   sde(m)   sdu(m)  sdne(m)  sdeu(m)  sdun(m) age(s)  ratio
2020/08/19 12:24:51.792   51.692577135   33.200435376   132.6944   1   9   0.0049   0.0029   0.0065  -0.0005   0.0008  -0.0029   0.80  999.9
2020/08/19 12:27:39.878   51.692577046   33.200435295   132.6922   1   9   0.0050   0.0030   0.0065  -0.0006   0.0010  -0.0030   0.90  999.9
2020/08/19 12:27:41.692   51.692577043   33.200435313   132.6953   1   9   0.0050   0.0029   0.0065  -0.0006   0.0010  -0.0030   0.70  999.9
2020/08/19 12:33:31.524   51.692577027   33.200435376   132.6954   1   9   0.0051   0.0030   0.0065  -0.0008   0.0015  -0.0032   0.50  999.9
2020/08/19 12:33:38.276   51.692577020   33.200435398   132.6968   1   9   0.0051   0.0030   0.0065  -0.0008   0.0015  -0.0032   0.30  999.9
2020/08/19 12:35:06.339   51.693149634   33.200849063   303.6497   2  10   0.0049   0.0030   0.0060  -0.0001   0.0012  -0.0027   0.40  999.9
```

Каталог прямокутних координат центрів знімків

```
DJI_0528.JPG 5729330.330 6514002.995 303.663
DJI_0529.JPG 5729329.859 6513959.152 303.063
DJI_0530.JPG 5729329.843 6513916.377 302.093
DJI_0531.JPG 5729329.862 6513874.606 301.231
DJI_0532.JPG 5729329.536 6513833.037 300.629
DJI_0533.JPG 5729329.490 6513791.166 300.128
DJI_0534.JPG 5729329.351 6513749.514 299.628
```

Рисунок 6 *– Відомості координат центрів знімків, розрахованих за допомогою GNSS у режимі PPK*
Figure 6 *– Information about the coordinates of the centers of images calculated using GNSS in PPK mode*

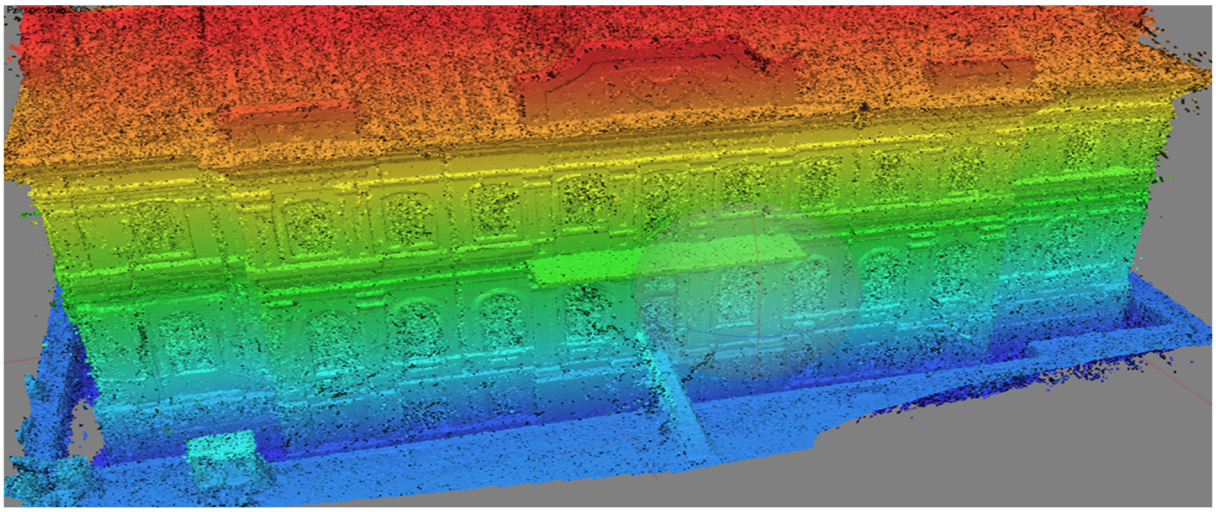


Рисунок 7 *– Карта висот об'єкта*
Figure 7 *– Object height map*



Рисунок 8 *– 3D-хмара пошкодженої частини будівлі*
Figure 8 *– 3D cloud of damaged part of building*

Survey Data

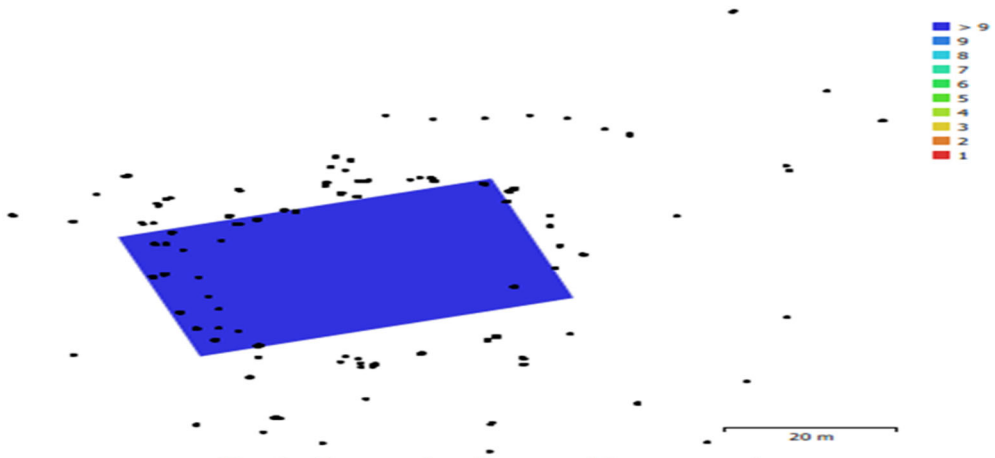


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	325	Camera stations:	319
Flying altitude:	12.4 m	Tie points:	212,975
Ground resolution:	4.07 mm/pix	Projections:	567,927
Coverage area:	1.39e+03 m²	Reprojection error:	0.792 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310 (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 µm	No

Table 1. Cameras.

Рисунок 9 *– Звіт про фотограмметричну обробку та дані знімання*
Figure 9 *– Photogrammetric processing report and survey data*

Camera Calibration

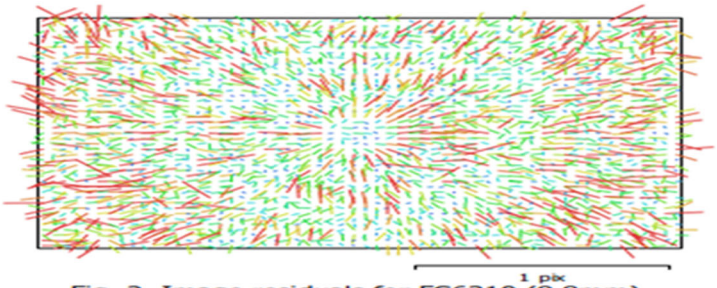


Fig. 2. Image residuals for FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)
325 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	**4864 x 3648**	**8.8 mm**	**2.61 x 2.61 µm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2	P3	P4
F	3678.36	0.043	1.00	-0.10	-0.22	-0.39	-0.04	-0.39	0.39	-0.36	0.33	-0.09	-0.27	0.00	0.00
Cx	23.8242	0.12		1.00	0.04	0.09	0.09	0.12	-0.12	0.12	-0.11	0.86	0.03	-0.08	0.08
Cy	-3.14812	0.084			1.00	-0.02	0.03	0.05	-0.07	0.07	-0.07	0.01	0.92	0.03	-0.03
B1	-0.524014	0.03				1.00	0.02	-0.01	0.01	-0.01	0.01	0.09	0.15	-0.02	0.02
B2	0.127778	0.03					1.00	0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.03	0.03	-0.00	0.01
K1	0.0152854	0.0001						1.00	-0.98	0.93	-0.89	0.10	0.05	0.02	-0.02
K2	-0.0691394	0.00063							1.00	-0.99	0.96	-0.10	-0.06	-0.03	0.03
K3	0.131093	0.0015								1.00	-0.99	0.09	0.07	0.04	-0.05
K4	-0.0821034	0.0013									1.00	-0.08	-0.07	-0.06	0.07
P1	0.00161608	1e-05										1.00	-0.09	-0.51	0.47
P2	-0.000448174	6.2e-06											1.00	0.22	-0.21
P3	-0.0529369	0.014												1.00	-0.97
P4	0.0287126	0.019													1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Рисунок 10 – *Звіт про фотограмметричну обробку та калібрування камери*
Figure 10 – *Photogrammetric processing and camera calibration report*

Camera Locations

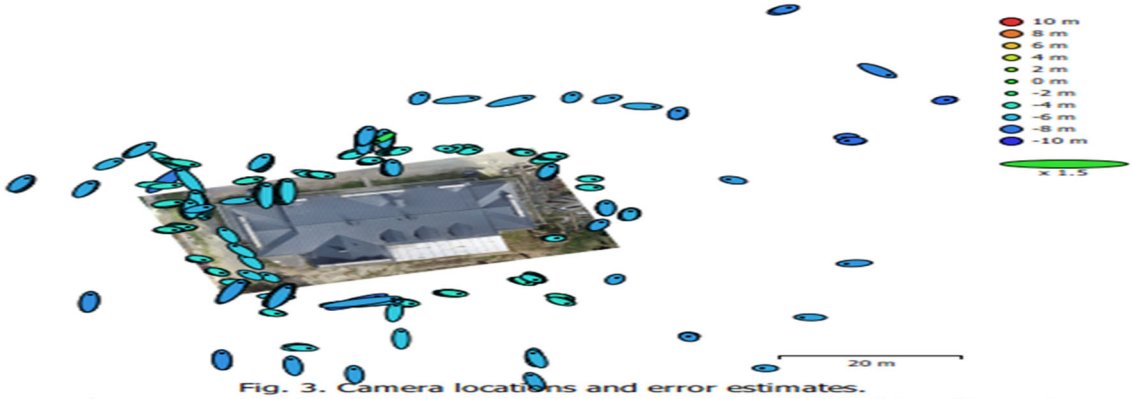


Fig. 3. Camera locations and error estimates.
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
0.928605	1.56061	5.47047	1.81599	5.76401

Table 3. Average camera location error.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Рисунок 11 – *Звіт про фотограмметричну обробку та розташування камер*
Figure 11 – *Photogrammetric processing and camera location report*

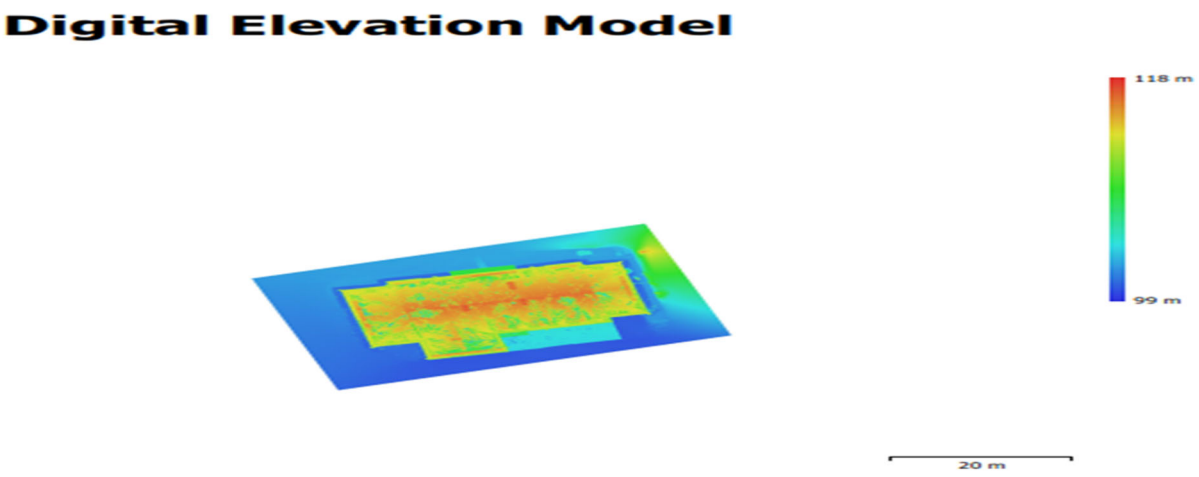


Рисунок 12 – *Звіт про фотограмметричну обробку, формування цифрової моделі висот*
Figure 12 – *Report on photogrammetric processing, digital elevation model generation*

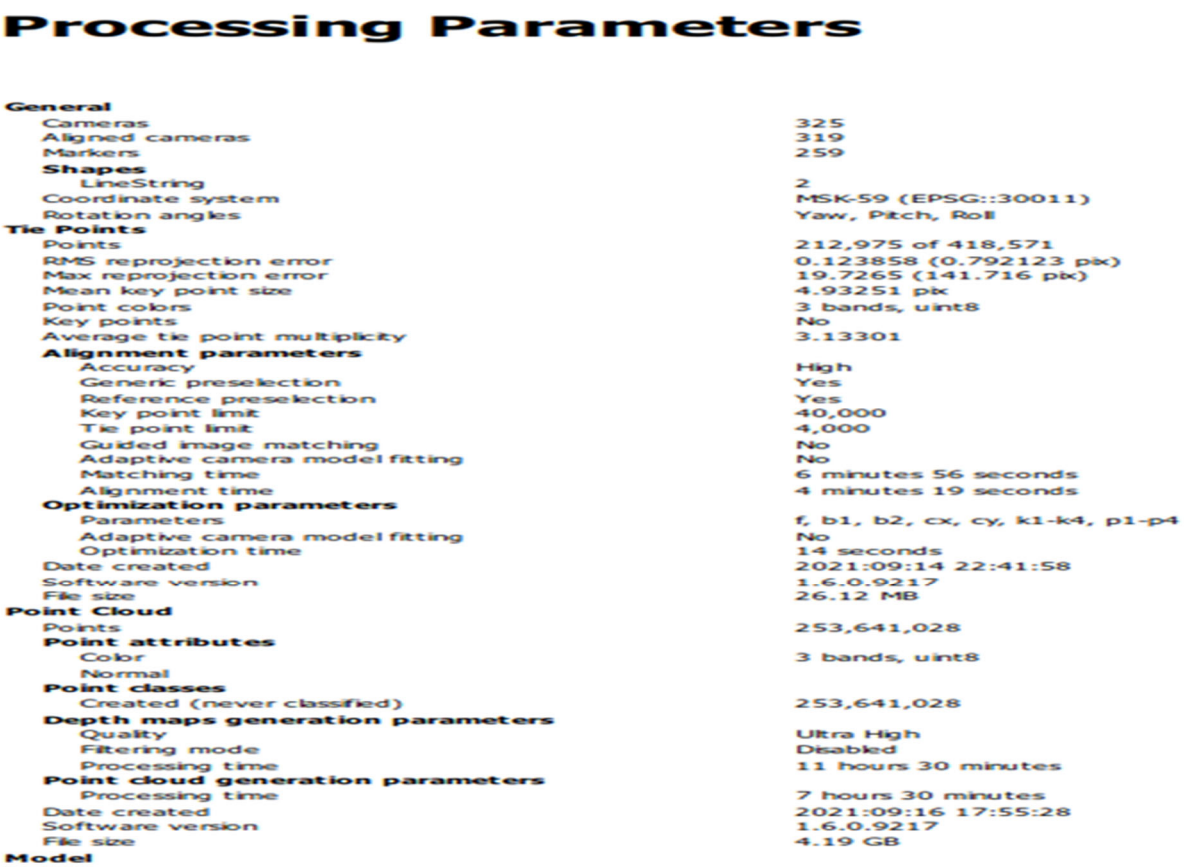


Рисунок 13 – *Звіт про фотограмметричну обробку та параметри обробки*
Figure 13 – *Photogrammetric processing report and processing parameters*

Висновки. У результаті дослідження визначені напрями та особливості формування сучасної системи геодезичного забезпечення із застосуванням засобів БПЛА та фотограмметричних методів. Запропоновані шляхи здійснення геодезичних досліджень при проведенні знімання та обробки даних, фотограмметричної обробки, формування цифрової моделі.

Перелік посилань

1.Ляшенко Д. О., Павлюк Д. О. Геодезичні технології збирання просторових даних для діагностики та паспортизації автомобільних доріг. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Геодезія та землеустрій. 2021. Вип. 110. С. 51 – 59. http://dx.doi.org/10.33744/0365-8171-2021-110-051-059

2. Structural Deformation Monitoring and Analysis of Highway Bridge Using Accurate Geodetic Techniques. Engineering. 2015. № 08 (07). С. 488–498.

3.Алексієв В. О., Алексієв О. П., Видмиш А. А., Хабаров В. О. Інтерактивний моніторинг автомобільних доріг : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2012. 144 с.

4. Старовєров В., Адаменко О. Геодезичний моніторинг мостів «Geodesy, architecture & construction 2011» (GAC-2011), 24-26 November 2011. С. 168–171.

5. Abulizi N. Measuring and evaluating of road roughness conditions with a compact road profiler and ArcGIS. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2016. № 5 (3). pp. 398–411.

6. Kongyang Chen. Road condition monitoring using on-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor Harbin, China: IEEE, 2011. Pp. 1032–1037.

7.Kumar P. Automated road markings extraction from mobile laser scanning data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2014. № 32. pp. 125–137.

8.Razi P. 3D Land Mapping and Land Deformation Monitoring Using Persistent Scatterer Interferometry (PSI) ALOS PALSAR: Validated by Geodetic GPS and UAV. IEEE Access. 2018. № 6. pp. 12395–12404.

9.Пілічева М. О., Анопрієнко Т. В., Маслій Л. О. Технологія виконання геодезичних робіт при інвентаризації зелених насаджень території з використанням безпілотних літальних апаратів. Комунальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектура». 2022. Вип. 3 (170). С. 263–270.

10.Глотов В. М., Гуніна А. В. Аналіз сучасних методів знімання під час опрацювання великомасштабних планів. Геодезія, картографія і аерознімання. 2016. Вип. 83. С. 53–63.

11.Козарь В. І., Козарь Л. М. Особливості використання електронних тахеометрів при проведенні топографо-геодезичних робіт для землеустрою та кадастру. Геодезія, картографія, землеустрій, кадастр: матер. Всеукр. наук.-практ. інтер. конф. (м. Умань, 27 квітня 2020 р.). С. 8–9. https://geodesy.udau.edu.ua/assets/files/2020/zbirnik_tez/zbirnik-geodeziya-20.05.20-2-4.pdf

12.Глотов В., Гуніна А. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2014. Вип. 2. С. 65–70. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/sdgn_2014_2_17.pdf

13.Bilis T., Kouimtzoglou T., Magnisali M., Tokmakidis P. The use of 3d scanning and photogrammetry techniques in the case study of the roman theatre of nikopolis. Surveying, virtual reconstruction and restoration study. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences : 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, (1–3 March 2017, Nafplio, Greece). Nafplio, 2017. Vol. XLII-2/W3. P. 97–103.

FORMATION OF A MODERN SYSTEM OF GEODESIC SUPPORT OF LAND USE USING UAVS AND PHOTOGRAMMETRIC METHODS

Mamonov Kostiantyn A., Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, tel. +380992917354, http://orcid.org/0000-0002-0797-2609

Shterndok Ernest S., Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: shterndok@ukr.net, tel. +380934289234, https://orcid.org/0000-0003-1107-7401

Nesterenko Serhii H., Candidate of technical sciences, Associate professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: nesterenkosg34@gmail.com, tel.+ 380669291752, https://orcid.org/0000-0001-5124-9728

Radzinska Yuliia B., Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: radzinskayayb@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-1661-7975

Kasyanov Vladimir V., Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kasyanow.vladimir@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-3506-5982

Summary. It has been established that modern emergency conditions, characterized by the negative impact of external and internal factors, the consequences of the aggression of the Russian Federation, require the formation of a modern information base for the implementation of geodetic projects by using appropriate tools. In this context, the formation of a modern system of geodetic support for land use based on the justification of research methods and modern technologies of geodesy is of particular importance. The relevance of the issues of the possibilities of using UAVs and photogrammetric methods, which affect the creation of an information and analytical basis for decision-making in the field of territorial development of land use, has been determined.

As a result of the study, the goal has been achieved in determining the directions of forming a modern system of geodetic support for land use using modern technologies. To conduct the study, the following tasks are solved: characterization of UAV technologies for forming a modern geodetic system of land use; identification of the features of the use of photogrammetric tools.

The directions and features of the formation of a modern system of geodetic support using UAVs and photogrammetric methods have been determined. Ways of conducting geodetic surveys during data acquisition and processing, photogrammetric processing, and digital model formation are proposed.

Keywords: modern geodetic support system, research methods, modern geodesy technologies, land use, UAVs, photogrammetric methods.

References

1.Lyashenko, D. O., Pavlyuk, D. O. (2021) Geodetic technologies for collecting spatial data for diagnostics and certification of highways. Automobile roads and road construction. Geodesy and land management. Issue 110. P. 51–59. http://dx.doi.org/10.33744/0365-8171-2021-110-051-059 [in Ukrainian].

2.Structural Deformation Monitoring and Analysis of Highway Bridge Using Accurate Geodetic Techniques. Engineering. 2015. № 08 (07). С. 488–498 [in Ukrainian].

3.Aleksiev, V. O., Aleksiev, O. P., Vidmysh, A. A., Khabarov, V. O. (2012) Interactive monitoring of highways: monograph. Vinnytsia: VNTU, 144 p. [in Ukrainian].

4.Staroverov, V., Adamenko, O. (2011) Geodetic monitoring of bridges «Geodesy, architecture & construction 2011» (GAC-2011), P. 168–171 [in Ukrainian].

5.Abulizi, N.(2016) Measuring and evaluating of road roughness conditions with a compact road profiler and ArcGIS. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). № 5 (3). pp. 398–411.

6.Kongyang, Chen (2011) Road condition monitoring using on-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor Harbin, China: IEEE, Pp. 1032–1037.

7.Kumar, P. (2014) Automated road markings extraction from mobile laser scanning data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. № 32. pp. 125–137.

8.Razi, P. (2018) 3D Land Mapping and Land Deformation Monitoring Using Persistent Scatterer Interferometry (PSI) ALOS PALSAR: Validated by Geodetic GPS and UAV. IEEE Access. № 6. pp. 12395–12404.

9.Pilicheva, M. O., Anoprienko, T. V., Masliy, L. A. (2022) The technology of carrying out geodetic works during the inventory of green areas of the territory using unmanned aerial vehicles. Communal management of cities. «Technical Sciences and Architecture» series. Issue 3 (170). pp. 263–270 [in Ukrainian].

10Glotov, V. M., Gunina, A. V. (2016) Analysis of modern shooting methods during the processing of large-scale plans. Geodesy, cartography and aerial photography. Issue 83. pp. 53–63 [in Ukrainian].

11.Kozar, V. I., Kozar, L. M. (2020) Peculiarities of the use of electronic tacheometers when conducting topographical and geodetic works for land management and cadastre. Geodesy, cartography, land management, cadastre: mater. All-Ukrainian science and practice inter. conf. (Uman, April 27, 2020). pp. 8–9. https://geodesy.udau.edu.ua/assets/files/2020/zbirnik_tez/zbirnik-geodeziya-20.05.20-2-4.pdf [in Ukrainian].

12.Glotov, V., Gunina, A. (2014) Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for aerial photography processes. Modern achievements of geodetic science and production. Issue 2. pp. 65–70. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/sdgn_2014_2_17.pdf [in Ukrainian].

13.Bilis, T., Kouimtzoglou, T., Magnisali, M., Tokmakidis, P. (2017) The use of 3d scanning and photogrammetry techniques in the case study of the roman theatre of nikopolis. Surveying, virtual reconstruction and restoration study. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Nafplio, Greece. Vol. XLII-2/W3. P. 97–103.

УДК 528.4:332.3 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-161-170**
UDC 528.4:332.3

ПЛАНУВАННЯ ТА ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

PLANNING AND EFFECTIVE USE OF LAND OF TERRITORIAL COMMUNITIES



Мамонов Костянтин Анатолійович, *доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com*

http://orcid.org/0000-0002-0797-2609



Штерндок Ернест Сергійович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: shterndok@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0003-1107-7401



Халіков Сергій Анатолійович*, здобувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: serhii.khalikov@kname.edu.ua*

https://orcid.org/0009-0005-7439-9864



Вяткін Роман Сергійович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: viatkinr@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0001-8807-9988

Анотація. Встановлено, що важливим елементом розвитку місцевого самоврядування є забезпечення функціонування й розвитку територіальних громад. За останні роки зростання значення територіальних громад у системі використання земель. Зокрема, збільшується рівень повноважень та відповідальності за результати використання земельно-майнового комплексу, забезпечення ефективності використання земель. Визначені напрями та особливості забезпечення розвитку територіальних громад, враховуючи нормативно-правові аспекти їх функціонування. Доведена актуальність теми дослідження щодо визначення напрямів планування та забезпечення ефективності використання земель.

Досягнута мета дослідження щодо визначення напрямів та виокремлення особливостей планування й забезпечення ефективності використання земель територіальних громад. Вирішені завдання: визначення напрямів планування територій; виокремлення чинників, що впливають на рівень ефективності використання земель територіальних громад; характеристика та застосування методу оцінки рівня ефективності використання земель територіальних громад; визначення напрямів підвищення ефективності використання земель територіальних громад.

У результаті дослідження визначено несуттєвий рівень ефективності використання земель територіальних громад у більшості регіонів. Поряд з цим, на низькому рівні визначено цей показник у Донецькому, Луганському та Херсонському регіонах. Така ситуація пов'язана із внутрішніми і зовнішніми дисбалансами, впливом наслідків агресії РФ.

Для підвищення ефективності використання земель територіальних громад запропоновані відповідні заходи.

Ключові слова: планування та ефективне використання земель, територіальні громади, геопросторовий розвиток, регіони, методи оцінки показників, інтегральний метод оцінки, заходи підвищення ефективності використання земель, геоінформаційні системи.

Вступ. Важливим елементом розвитку місцевого самоврядування є забезпечення функціонування й розвитку територіальних громад (ТГ). За останні роки зростання значення ТГ у системі використання земель. Зокрема, збільшується рівень повноважень та відповідальності за результати використання земельно-майнового комплексу, забезпечення ефективності використання земель.

Для забезпечення геопросторового розвитку територіальних громад розроблено та застосовується нормативно-правове забезпечення. Зокрема, комплексний план просторового розвитку території територіальної громад визначає планувальну організацію, функціональне призначення території, основні принципи і напрями формування єдиної системи громадського обслуговування населення, дорожньої мережі, інженерно-транспортної інфраструктури, інженерної підготовки і благоустрою, цивільного захисту, охорони земель та інших компонентів навколишнього природного середовища, формування екомережі, охорони і збереження культурної спадщини та традиційного характеру середовища населених пунктів, а також послідовність реалізації рішень, у тому числі етапність освоєння території [1].

Визначені напрями та особливості забезпечення розвитку територіальних громад, враховуючи нормативно-правові аспекти їх функціонування:

– виокремлені складові Програми комплексного відновлення території територіальної громади (її частини);

– визначені складові Комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади;

– формування комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади, генеральний план населеного пункту, детальний план території;

– сформовано порядок та особливості надання субвенції з державного бюджету місцевим бюджетам на розроблення комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад;

– визначення формату електронних документів комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади, генерального плану населеного пункту, детального плану території;

– забезпечення відносин щодо взаємодії у системі розвитку територіальних громад;

– виокремлення особливостей формування територіальних громад;

– забезпечення державної підтримки добровільного об'єднання територіальних громад та добровільного приєднання до об'єднаних територіальних громад;

– розроблення, реалізація та моніторинг плану відновлення та розвитку регіонів і планів відновлення та розвитку територіальних громад;

– організація співробітництва громад;

– характеристика форми співробітництва територіальних громад;
– забезпечення державного стимулювання, фінансування та моніторинг співробітництва;
– характеристика напрямів припинення співробітництва даними [1–6].

Поряд з цим, на недостатньому рівні вирішуються питання відносно планування та забезпечення ефективності використання земель. Крім того, особливого значення мають зміни траєкторії землекористування з негативної та позитивну, забезпечуючи зростання ефективності.

Таким чином, тема дослідження щодо визначення напрямів планування та забезпечення ефективності використання земель є актуальною.

Огляд існуючих теоретичних розробок. Проблемні питання щодо функціонування та розвитку територіальних громад висвітлені у наукових розробках [7–10].

Для забезпечення планування територій та ефективності використання земель ТГ проводиться аналіз нормативно-правового забезпечення із виокремленням просторових, містобудівних, екологічних, безпекових, інвестиційних, інноваційних інфраструктурних, соціальних чинників [11–20].

Таким чином, для планування та забезпечення ефективності використання земель територіальних громад систематизовані теоретичні підходи, що враховують функціональні, просторові, містобудівні, нормативно-правові, безпекові, стейкхолдерні, екологічні, інфраструктурні, інвестиційні, соціальні, інноваційні, системні ознаки і характеристики.

Метою дослідження є визначення напрямів та виокремлення особливостей планування й забезпечення ефективності використання земель територіальних громад. Завданнями дослідження є:
– визначення напрямів планування територій ТГ;
– виокремлення чинників, що впливають на рівень ефективності використання земель територіальних громад;
– характеристика та застосування методу оцінки рівня ефективності використання земель ТГ;
– визначення напрямів підвищення ефективності використання земель територіальних громад.

Виклад основного матеріалу. Важливим документом, що впливає на розвиток територіальних громад для забезпечення планування територій, є пілотний Проєкт USAID «Впровадження вимог Закону України № 711-IX від 17.06.2020 р. «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель», яким визначаються етапи та особливості розроблення комплексних планів Роганської та Пісочинської територіальних громад Харківської області [21].

Представлені етапи розробки комплексного плану розвитку територіальних громад свідчать про системний характер сформованого категоріального апарату, що враховує просторове, містобудівне, екологічне забезпечення.

Слід зазначити, що територіальний розвиток як системна категорія, що визначається позивними згущеннями і формує якісно новий стан порівняно із минулим. Такі зрушення забезпечують вплив просторових, містобудівних, екологічних, інвестиційних чинників. На це чітко вказується у розробках [7, 9, 10].

У цьому контексті визначаються просторове забезпечення для формування напрямів розвитку територіальних громад: границя території; ортфотоплани масштабу 1:10000 на всю територію громади, 1:2000 та 1:5000 на території населених пунктів; аерофотознімки, по яким створені ортофотоплани; елементи орієнтування аерофотознімків; матеріали фотофіксації з застосуванням безпілотних літальних апаратів для територій, які змінилися з часу створення ортофотопланів; наявні топографічні карти в масштабах 1:10 000, 1:5000, 1:2000, 1:500; перелік офіційних назв елементів вуличної-дорожньої мережі; інформація про території та об’єкти лісового, природо-заповідного фонду, рекреаційного та оздоровчого призначення; схеми проходження автомобільних доріг, розташування об’єктів трубопровідного транспорту, наземних та підземних інженерних мереж; межі земельних ділянок, відомості про які зареєстровані у Державному земельному кадастрі, у векторному вигляді; інформація, яка повинна бути внесена у додаткові атрибутивні поля землевпорядного та містобудівного призначення [21].

Виокремлені безпекові елементи об’єднаних територіальних громад:

1. Економічні: рівні інфраструктури, інновацій, безробіття, корупції, фінансової грамотності.

2. Соціальні: рівень доходів громадян, стан здоров'я, рівень освіти населення, належні санітарні умови.

3. Інформаційні: рівень розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, достовірність даних, доступність даних, доступ до мережі інтернет.

4. Екологічні: рівні забрудненого атмосферного повітря, забруднених земельних ресурсів, відходів, стан природно-заповідного фонду, рівень забруднених водних ресурсів [22].

Слід вказати на необхідність формування системи безпеки територіальної громади, яка виступає багаторівневою системою, що забезпечує розвиток шляхом реалізації відповідних напрямів. У цьому контексті необхідно відзначити роботи [23]. Крім того, враховуються безпекові параметри відносно протидії наслідкам агресії РФ.

Розвиток територіальних громад залежить від напрямів та особливостей планування територій, які визначаються просторовими, містобудівними, екологічними й безпековими параметрами. Крім того, визначаються функціональні параметри формування та здійснення планування територій, впливу на цей процес соціальних, стейкхолдерних, інноваційно-інвестиційних чинників.

Для забезпечення ефективності використання земель ТГ формується кількісна основа, яка розробляється шляхом застосування багаторівневої системи показників та інструментарію інтегральної оцінки.

На основі визначених показників побудована багаторівнева система показників оцінки рівня ефективності використання земель ТГ. Виокремлено локальний, системний, груповий та інтегральний рівні, що формуються відповідними показниками. Визначені локальні та системні функціональні, просторові, містобудівні, екологічні, нормативно-правові, безпекові, інвестиційні, стейкхолдерні, інфраструктурні, соціальні, інноваційні показники рівня ефективності використання земель територіальних громад. На груповому рівні сформовані показники, що характеризують напрями та особливості функціонування ТГ і показників, що визначають регіональні аспекти функціонування ТГ. На інтегральному рівні визначається відповідний узагальнюючий показник рівня ефективності використання земель територіальних громад.

Для оцінки локальних чинників застосовуються аналітичні й експертні методи. На інших рівнях будуються відповідні оцінні моделі. Таким чином, Запропоновані напрями розробки інтегрального методу:

– формування інформаційно-аналітичного забезпечення визначення ефективності використання земель ТГ;

– виокремлення функціональних, просторових, містобудівних, екологічних, нормативно-правових, безпекових, інвестиційних, стейкхолдерних, інфраструктурних, соціальних, інноваційних чинників, що впливають на забезпечення ефективності використання земель ТГ;

– побудова та застосування багаторівневої системи показників оцінки рівня ефективності використання земель;

– визначення локальних функціональних, просторових, містобудівних, екологічних, нормативно-правових, безпекових, інвестиційних, стейкхолдерних, інфраструктурних, соціальних, інноваційних показників із застосуванням експертних і аналітичних методів;

– розробка моделей оцінки системних показників із використанням моделі середньої арифметичної;

– оцінка системних функціональних, просторових, містобудівних, екологічних, нормативно-правових, безпекових, інвестиційних, стейкхолдерних, інфраструктурних, соціальних, інноваційних показників;

– розробка моделей оцінки групових показників із використанням моделі середньої геометричної;

– оцінка групових показників, що характеризуються напрямами і особливостями функціонування територіальних громад і регіональними аспектами і впливають на ефективність використання земель територіальних громад;

– розробка інтегральної моделі;

– визначення вагових коефіцієнтів із застосуванням методу аналізу ієрархій;

– оцінка інтегрального показника рівня ефективності використання земель територіальних громад;

– інтерпретація отриманих результатів.

Інтегральний показник забезпечення рівня ефективності використання земель територіальних громад визначається із застосуванням відповідної моделі:

$$I_{EL} = k_{EL_1} x\, EL_1 + k_{EL_2} x\, EL_2, \quad (1)$$

де I_{EL} - інтегральний показник забезпечення рівня ефективності використання земель ТГ, відн. од.;

k_{EL_1}, k_{EL_2} – вагові коефіцієнти, що характеризують взаємний вплив групових чинників та які визначаються за методом аналізу ієрархій, відн. од.;

EL_1, EL_2 – групові показники рівня ефективності використання земель регіонів, відн. од.

У результаті дослідження визначено інтегральний показник рівня ефективності використання земель територіальних громад (рис. 1)

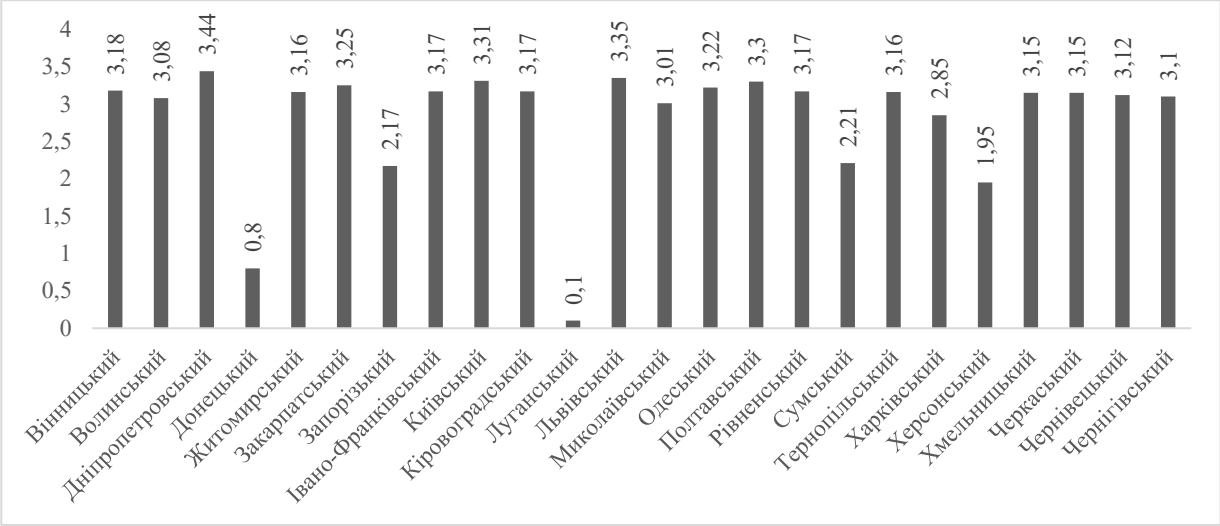


Рисунок 1 *– Результати оцінки інтегрального показника забезпечення рівня ефективності використання земель територіальних громад, відн. од. (розроблено авторами)*

Figure 1 *– Results of the assessment of the integral indicator of ensuring the level of efficiency of land use of territorial communities, relative units (developed by the authors)*

Для інтерпретації отриманих результатів запропонована шкала рівня ефективності використання земель територіальних громад (табл. 1).

Таблиця 1 *– Шкала значень інтегрального показника відносно рівня ефективності використання земель територіальних громад, відн. од. (розроблено авторами)*
Table 1 – *Scale of values of the integral indicator relative to the level of efficiency of land use of territorial communities, relative units (developed by the authors)*

Значення інтегрального показника	Рівень ефективності використання земель
0	відсутній
0,01 – 2	низький
2,01 – 4	несуттєвий
4,01 – 6	помірний
6,01 – 8	суттєвий
8,01 – 9,99	високий
10 і більше	абсолютний

Висновки. У результаті дослідження визначено несуттєвий рівень ефективності використання земель територіальних громад у більшості регіонів. Поряд з цим, на низькому рівні визначено цей показник у Донецькому, Луганському та Херсонському регіонах. Така ситуація пов'язана із внутрішніми і зовнішніми дисбалансами, впливом наслідків агресії РФ.

Для підвищення ефективності використання земель територіальних громад запропоновані відповідні заходи, спрямовані на:

– забезпечення ефективного функціонування громад;

– розроблення, затвердження, реалізації, проведення моніторингу та оцінювання реалізації стратегій розвитку територіальних громад;

– зростання впливу процесів децентралізації на функціонування територіальних громад; активізації напрямів використання геоінформаційних систем у ТГ;

– розвитку партнерських та договірних умов;

– зростання рівня формування та застосування просторового забезпечення формування та використання земель територіальних громад;

– забезпечення інтегрованого розвитку території територіальної громади;

– забезпечення екологізації використання земель територіальних громад;

– подальший розвиток формування та використання нормативно-правового забезпечення функціонування територіальних громад;

– забезпечення економічної, соціальної, інформаційної, екологічної, фізичної, енергетичної, політичної, військової, техногенної безпеки територіальних громад;

– забезпечення стимулювання інвестиційної діяльності щодо формування та використання земель територіальних громад;

– зростання рівня ефективності стейкхолдерних відносин;

– зростання рівня ефективності формування та використання інфраструктури територіальних громад;

– збільшення рівня соціального забезпечення територіальних громад;

– зростання рівня формування та реалізації інноваційних напрямів для забезпечення функціонування територіальних громад;

– активне застосування сучасних геоінформаційних систем для формування та використання земель.

Перелік посилань

1. Про регулювання містобудівної діяльності. Закон України № 3038-VI від 17.02.2011. http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3038-17

2. Деякі питання надання субвенції з державного бюджету місцевим бюджетам на розроблення комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад. Документ 853-2021-п від 28.07.2021. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/853-2021-п#Text.

3. Про землеустрій. Закон України № 858-IV від 22.05.2003. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/858-15.

4. Про місцеве самоврядування в Україні. Закон України № 280/97-ВР від 21.05.1997. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/280/97-вр/page6.

5. Про добровільне об'єднання територіальних громад. Закон України. Документ 157-VIII від 14.05.2020. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/157-19#Text.

6. Про співробітництво територіальних громад. Закон України. Документ 1508-VII від 04.04.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1508-18#Text.

7. Мамонов К. Територіальний розвиток використання земель регіону: напрями та особливості оцінки: монографія. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 403 с.

8. Пронько Л. М., Затайдух К. Ю., Чорний Я. І. Економічний розвиток територіальних громад: сутність, особливості та стратегічні перспективи. Економіка та суспільство. Менеджмент. 2024. Вип. 29. https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3428/3356.

9. Mamonov K., Nesterenko S., Radzinskaya Y., Dolia O. City lands investment attractiveness calculation. Geodesy and Cartography. 2019. Vol. 68. №. 1. pp. 211–223.

10. Mamonov K., Wen Mingming, Kondratyuk I. Formation of investment annractiveness of territories: experience of coastal regions of China. Приазовський економічний вісник. 2020. Випуск 2 (19). С. 171–176.

11. Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність. Закон України. Документ 353-XIV від 08.06.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text.

12. Про містобудівний кадастр. Постанова Кабінету міністрів України № 559 від 25.05.2011. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/559-2011-п#Text.

13. Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України. Документ 1264-XII від 08.10.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text.

14. Про інвестиційну діяльність. Закон України. Документ 1560-XII від 10.10.2022. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1560-12#Text.

15. Про державну підтримку інвестиційних проектів із значними інвестиціями в Україні. Закон України. Документ 1116-IX від 17.09.2023. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1116-20#n2.

16. Про затвердження Порядку та методології проведення оцінки інвестиційного проекту із значними інвестиціями. Постанова Кабінету міністрів України. Документ 312-2024-п від 12.03.2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/312-2024-п#n1.

17. Про критичну інфраструктуру. Закон України. Документ 1882-IX від 01.01.2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text.

18. Про соціальні послуги. Закон України. Документ 2671-VIII від 31.12.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2671-19#Text.

19. Про державну допомогу сім'ям з дітьми. Закон України. Документ 2811-XII від 16.09.2022. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2811-12#Text.

20. Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні. Закон України. Документ 875-XII від 01.01.2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/875-12#Text.

21. Розробка комплексних планів: Посібник для громад за результатами пілотного Проєкту USAID «Впровадження вимог Закону України №711-IX від 17.06.2020 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель»» при розробленні комплексних планів Роганської та Пісочинської територіальних громад Харківської області. https://decentralization.ua/uploads/library/file/817/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B4.pdf

22. Бакурова А. В., Діденко А. В. Формування системи безпеки об'єднаних територіальних громад. Наукові перспективи. 2022. № 6(24). С. 203–214.

23. Kucherova H., Didenko A., Kravets O. Modeling information transparency of economic entities under uncertainty. Proceedings 7th International Conference on Modeling, Development and Strategic Management of Economic System (MDSMES 2019). Atlantis Press. 2019. https://www.atlantis-press.com/proceedings/mdsmes-19/125919215

PLANNING AND EFFECTIVE USE OF LAND OF TERRITORIAL COMMUNITIES

Mamonov Kostiantyn A., Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, tel. +380992917354, http://orcid.org/0000-0002-0797-2609

Shterndok Ernest S., Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: shterndok@ukr.net, tel. +380934289234, https://orcid.org/0000-0003-1107-7401

Khalikov Serhii A., Graduate student of the Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: serhii.khalikov@kname.edu.ua, https://orcid.org/0009-0005-7439-9864

Vyatkin Roman S., Candidate of technical sciences, docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: viatkinr@gmail.com, tel. +380950034439, https://orcid.org/0000-0001-8807-9988

Summary. It has been established that an important element of local self-government development is ensuring the functioning and development of territorial communities. In recent years, the importance of territorial communities in the land use system has increased. In particular, the level of authority and responsibility for the results of the use of the land and property complex, ensuring the efficiency of land use, has increased. The directions and features of ensuring the development of territorial communities have been determined, taking into account the regulatory and legal aspects of their functioning. The relevance of the research topic in determining the directions of planning and ensuring the efficiency of land use has been proven.

The goal of the research in determining the directions and identifying the features of planning and ensuring the efficiency of land use of territorial communities has been achieved. The tasks solved: determining

the directions of planning of territories; identifying factors that affect the level of efficiency of land use of territorial communities; characterizing and applying the method for assessing the level of efficiency of land use of territorial communities; identifying directions for increasing the efficiency of land use of territorial communities.

As a result of the study, an insignificant level of efficiency of land use of territorial communities has been determined in most regions. Along with this, this indicator was determined at a low level in the Donetsk, Luhansk and Kherson regions. This situation is associated with internal and external imbalances, the impact of the consequences of the Russian Federation's aggression.

Appropriate measures have been proposed to increase the efficiency of land use in territorial communities.

Keywords: planning and efficient use of land, territorial communities, geospatial development, regions, methods of evaluating indicators, integrated evaluation method, measures to improve land use efficiency, geographic information systems.

References

1. On the regulation of urban development activities. Law of Ukraine. Document 3038-VI dated 17.02.2011. http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3038-17 [in Ukrainian].

2. Some issues of providing subventions from the state budget to local budgets for the development of comprehensive spatial development plans for the territories of territorial communities. Document 853-2021-п dated 28.07.2021. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/853-2021-п#Text [in Ukrainian].

3. On land management. Law of Ukraine. Document 858-IV dated 22.05.2003. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/858-15 [in Ukrainian].

4. On local self-government in Ukraine. Law of Ukraine. Document 280/97-ВР dated 21.05.1997. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/280/97-вр/page6 [in Ukrainian].

5. On the voluntary association of territorial communities. Law of Ukraine. Document 157-VIII dated 14.05.2020. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/157-19#Text [in Ukrainian].

6. On cooperation of territorial communities. Law of Ukraine. Document 1508-VII dated 04.04.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1508-18#Text [in Ukrainian].

7. Mamonov, K. (2020) Territorial development of land use in the region: directions and features of assessment: monograph. Kharkiv: O. M. Beketov KhNUMG, 403 p. [in Ukrainian].

8. Pronko, L. M., Zataydukh, K. Yu., Chornyi, Ya. I. (2024) Economic development of territorial communities: essence, features and strategic prospects. Economy and Society. Management. Issue. 29. https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3428/3356 [in Ukrainian].

9. Mamonov, K., Nesterenko, S., Radzinskaya, Y., Dolia, O. (2019) City lands investment attractiveness calculation. Geodesy and Cartography. Vol. 68. №. 1. pp. 211–223.

10.Mamonov, K., Wen, Mingming, Kondratyuk, I. (2020) Formation of investment annractiveness of territories: experience of coastal regions of China. Azov Economic Bulletin. Vol. 2 (19). pp. 171–176 [in Ukrainian].

11.On topographic, geodetic and cartographic activities. Law of Ukraine. Document 353-XIV dated 08.06.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text [in Ukrainian].

12.On urban planning cadastre. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. Document 559 dated 25.05.2011. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/559-2011-п#Text [in Ukrainian].

13.On environmental protection. Law of Ukraine. Document 1264-XII dated 08.10.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text [in Ukrainian].

14.On investment activities. Law of Ukraine. Document 1560-XII dated 10.10.2022. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1560-12#Text [in Ukrainian].

15.On state support for investment projects with significant investments in Ukraine. Law of Ukraine. Document 1116-IX dated 09/17/2023. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1116-20#n2 [in Ukrainian].

16.On approval of the Procedure and methodology for conducting an assessment of an investment project with significant investments. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. Document 312-2024-п dated 12.03.2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/312-2024-п#n1 [in Ukrainian].

17.On critical infrastructure. Law of Ukraine. Document 1882-IX dated 01.01.2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text [in Ukrainian].

18.On social services. Law of Ukraine. Document 2671-VIII dated 31.12.2023. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2671-19#Text.

19.On state assistance to families with children. Law of Ukraine. Document 2811-XII dated 15.09.2022. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2811-12#Text [in Ukrainian].

20.On the foundations of social protection of persons with disabilities in Ukraine. Law of Ukraine. Document 875-XII dated 01.01.2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/875-12#Text [in Ukrainian].

21.Development of comprehensive plans: A guide for communities based on the results of the USAID pilot project “Implementation of the requirements of the Law of Ukraine №. 711-IX dated 17.07. 2020 «On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding Land Use Planning» when developing comprehensive plans for Rohansk and Pisochynsk territorial communities of Kharkiv region. https://decentralization.ua/uploads/library/file/817/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B4.pdf [in Ukrainian].

22.Bakurova, A. V., Didenko, A. V. (2022) Formation of a security system for united territorial communities. Scientific perspectives. № 6(24). pp. 203–214 [in Ukrainian].

23.Kucherova, H., Didenko, A., Kravets, O. (2019) Modeling information transparency of economic entities under uncertainty. Proceedings 7th International Conference on Modeling, Development and Strategic Management of Economic System (MDSMES 2019). Atlantis Press. https://www.atlantis-press.com/proceedings/mdsmes-19/125919215

УДК 625.7/.8 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-171-194**
UDC 625.7/.8

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГАСНИКІВ НАДМІРНОЇ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВОДНОГО ПОТОКУ
ANALYSIS OF EXCESSIVE KINETIC ENERGY OF WATER FLOW EXTINGUISHER DESIGNS



Гаркуша Микола Васильович, *кандадат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail: mykola.harkusha@ntu.edu.ua, тел. +380966287905,*

https://orcid.org/0000-0002-5388-0561

Анотація. Дорожні водопропускні споруди є наймасовішими штучними спорудами на автомобільних дорогах. Варто зазначити, що нижній б'єф таких споруд працює у складних експлуатаційних умовах, які характеризуються значною нерівномірністю розподілу питомих витрат, високою кінетичністю потоку, насиченістю потоку донними наносами, камінням, сміттям, що спричинює розмивання нижнбого б'єфу споруди та руйнування насипу та штучної споруди.

Попередити утворення небезпечних форм руху рідини в нижньому б’єфі дорожніх водопропускних споруд з металевих гофрованих конструкцій можна шляхом застосування інженерних споруд, що дають змогу змінити механізм руху та швидкісну структуру потоку за водопропускною спорудою, що може бути досягнуто за рахунок влаш

тування гасника енергії, який дає змогу забезпечити вирівнювання за шириною відвідного русла витрат, глибин, швидкості та зниження їх пульсації.

У статті проведено аналіз конструкцій гасників надмірної кінетичної енергії водного потоку.

Ключові слова: водобійна стінка, гасник енергії, дорожня водопропускна споруда, надійність, нижній б'єф.

Вступ. Однією з причин передчасного руйнування дорожньої водопропускної труби є розмив нижнього б'єфу, що впливає на довговічність споруди, існує необхідність усунення суперечностей, які виникають внаслідок низької надійності конструкцій з подальшим удосконалення існуючих розрахунків.

Основна складність експлуатації дорожньої водопропускної споруди полягає в тому, що на ділянці вільного розтікання утворюється двомірний потік, а на ділянці гасіння надлишкової кінетичної енергії даний двомірний потік перетворюється в тривимірний турбулентний потік. Завдяки аналізу конструкцій гасників надмірної кінетичної енергії водного потоку можна встановити підгоди для удосконалення існуючих ментодів проєктування гасників кінетичної енергії водного потоку.

Мета і методи. Проведення аналізу конструкцій гасників надмірної кінетичної енергії водного потоку.

Мета публікації полягає у аналізі підходів з проєктування та конструювання гасників надмірної кінетичної енергії водного потоку.

Об'єктом дослідження є середовище гасіння надмірної кінетичної енергії водного потоку.

Актуальність проблеми.

На сьогоднішній день поширена велика кількість руйнувань нижнього б'єфа дорожніх водопропускних споруд, що змушує розробляти нові конструкції нижнього б'єфа споруд дорожнього водовідводу. Можна виділити два підходи, щодо рішення проблеми кріплення нижніх б'єфів дорожніх водопропускних споруд: повна відмова від улаштування конструкцій гасників енергії й зсув на значну відстань вирви розмиву від дорожнього насипу; або використання гасників енергії, розсікачів або розсіювачів різного типу.

Зміщення кам'яної засипки (рис. 1) може бути спричинено внаслідок:

– невідповідного розміру каменю (гірська порода невідповідного розміру може бути легко зміщена вниз за течією від випускного отвору, викликаючи ерозію);

– розміщення на дисперсних грунтах (захист випускного отвору від розмиву часто не працює, якщо розміщувати його безпосередньо на дисперсійному ґрунті).

Нераціональне розміщення кам'яної насипки (рис. 1), внаслідок відсутності заглиблення каменю, щоб верхня поверхня каменів була на одному рівні з бетонним фартухом, що може спричинити погіршення експлуатації за рахунок:

– можливе накопичення осаду всередині труб;

– вихідний «струмінь» може бути відхилений каменем до берегів.

Підходи з гасіння енергії потоку

Для того, щоб запобігти пошкодженню потоків і споруд нижче за водопропускними спорудами з металевих гофрованих конструкцій, необхідні влаштування розсіювачів енергії. Такі пристрої вивчалися протягом багатьох років у контексті водопропускних труб, зливових каналізаційних колекторів, водоскидів дамб та інших систем транспортування водного потоку.

Існує чотири основних режими течії: докритично-ламінарний, надкритично-ламінарний, докритично-турбулентний і надкритично-турбулентний [2].

Гідравлічний стрибок протягом багатьох років визнавався ефективним методом розсіювання енергії. Під час виникнення гідравлічного стрибка відбувається зміна надкритичного потоку на до критичний, що миттєво зменшує швидкість потоку, раптова зміна швидкості викликає значну турбулентність і втрату енергії [3].

На сьогоднішній день розроблено багато типів конструкцій. Деякі з них можна класифікувати, як показано на рис. 2. Категорії включають вільні гідравлічні стрибки без гасників, ударні перегородки, пороги та водозливні перегородки, перепади, колодязі, занурюючи (глибоководні) басейни, протитечійні механізми, поворотні (перекидні) ковші та проєктні басейни, тощо [4].



зміщення кам'яної насипки



нераціональне розміщення кам'яної насипки



підмив вихідного отвору



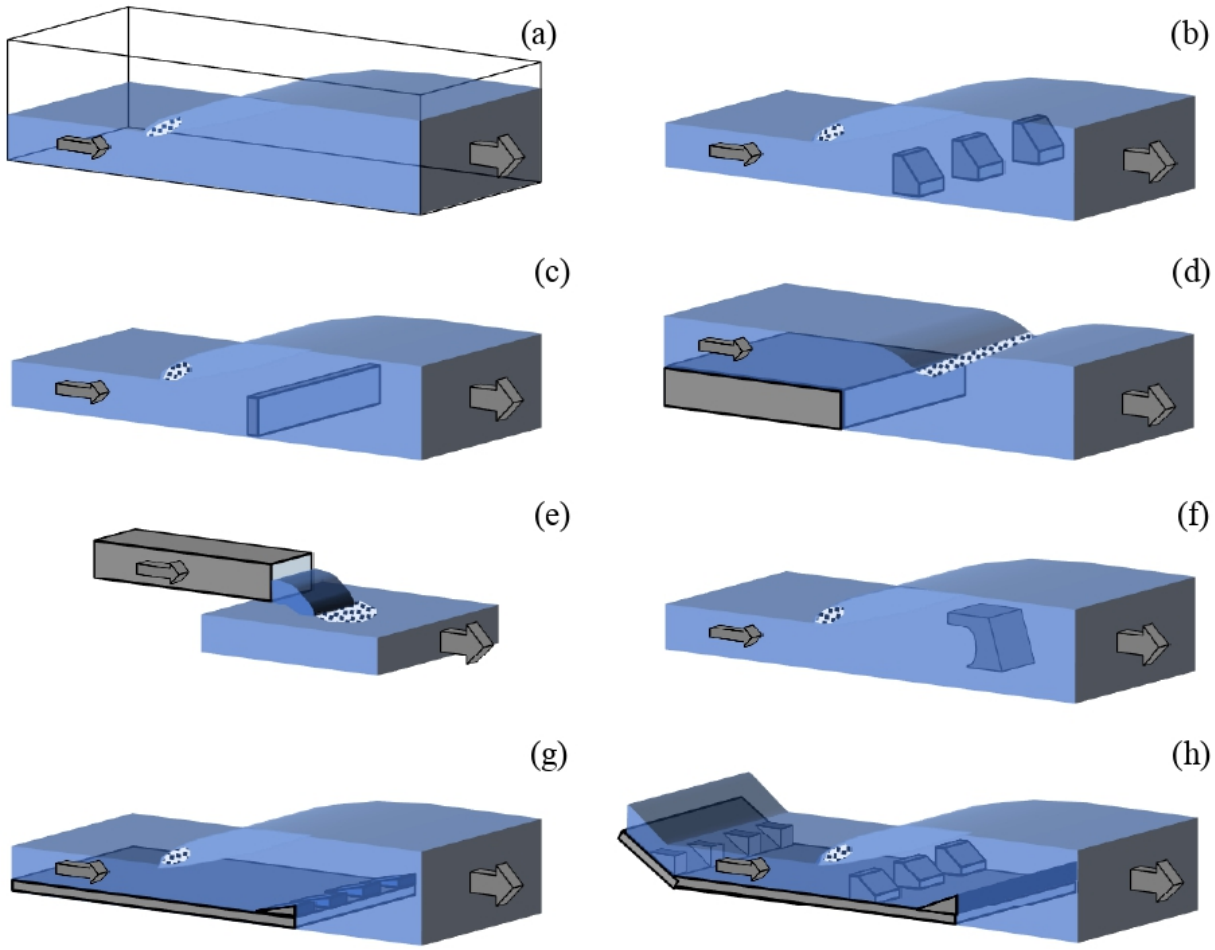
вихідний отвір близько до насипу

Рисунок 1 – Поширені руйнування нижнього б'єфу водопропускної споруди
Figure1 – Widespread destruction of the downstream of the culvert structure

Вільні стрибки є найпростішим способом розсіювання енергії. Для запобігання ерозії основи вихідного русла застосовують укріплення, важливо, щоб стрибок відбувся безпосередньо над укріпленням. Під час вільних стрибків не відбувається контролю над тим, коли і де формується стрибок, оскільки формування стрибка залежить від умов, що знаходяться внизу. Більшість методів розсіювання енергії використовують гідравлічні стрибки для розсіювання енергії, але використовують додаткові засоби (гасники енергії) для стабілізації положення стрибка та гарантування його формування [4].

Застосування гасників енергії у вигляді перегородок є одним із найпоширеніших методів розсіювання енергії. Коли високий потік енергії впливає на перегородки, перегородки мають три ефекти. По-перше, вони безпосередньо розсіюють енергію потоку, створюючи тертя. По-друге, вони перенаправляють потік в інші потоки для створення зсуву, тим самим розсіюючи додаткову енергію.

Нарешті, вони зменшують загальну швидкість потоку, що може викликати негайне утворення гідравлічного стрибка [4].



a) вільний гідравлічний стрибок; b) перегородки; c) поріг; d) перепад; e) глибоководні басейни; f) протитечійні механізми; g) поворотні ковші; h) проектні басейни

Рисунок 2 **–** Приклади розсіювання енергії
Figure 2 **–** Examples of energy dissipation

Пороги функціонують подібно до перегородок, однак, на відміну від перегородок, потік не може обійти поріг. Таким чином, пороги вимагають, щоб потік рухався вгору та через пороги. Одна з основних функцій порогу полягає в тому, щоб викликати утворення гідравлічного стрибка шляхом поглинання частини початкової енергії та підйому поверхні води вгору до наступної глибини. У зливових системах пороги, як правило, вимагають дренажних отворів, щоб забезпечити стік води, коли в конструкції мало або взагалі немає потоку. Це зменшує пошкодження льодом взимку та застійними басейнами влітку [4].

Розсіюють енергію падінням в основному за рахунок удару та рециркуляції потоку. Залучене повітря також може сприяти опосередкованому розсіюванню енергії. Подібним чином функціонують

глибоководні басейни. Основна відмінність полягає в тому, що під час удару зазвичай мають нерозмиваюче дно, тоді як басейни для занурення використовують глибокі басейни, так що напруження зсуву між струменем, що занурюється, і басейном з водою розсіюють енергію. Басейни для занурення можуть бути небажаними для швидкоплинних потоків, оскільки басейн застійний, коли він не використовується [4].

Протитечійні механізми призначені для зміни напрямку потоку таким чином, щоб турбулентність і зсув у потоці розсіювали більшу частину енергії. Пасивні протитечійні пристрої схожі на перегородки, але мають форму, щоб відхиляти потік, а не впливати на потік. Методи активної протитечії передбачають використання водяних струменів (на відміну від бетонних конструкцій), які спрямовані проти набігаючого потоку для розсіювання енергії [4].

Поворотні ковші направляють частину потоку вгору, сприяючи формуванню гідравлічного стрибка. Основа після поворотного ковша має бути нерозмивною або укріпленою. Конструкційні басейни використовують кілька механізмів для розсіювання енергії. Більшість розрахункових басейнів призначені для двовимірних потоків з відкритим руслом [4].

Структури розсіювання енергії зменшують енергію потоку чотирма способами:

– прямий удар і зсув, що є результатом зіткнення з твердою поверхнею;

– викликання зсуву всередині потоку, змушуючи частину потоку рухатися в іншому напрямку, ніж інша частина потоку;

– залучення повітря (у поєднанні з турбулентним рухом двофазні газорідинні суміші можуть поглинати енергію);

– викликання утворення гідравлічних стрибків.

Залучення повітря під час стрибку саме по собі не розсіює багато енергії, однак присутність повітря в дуже турбулентному потоці може посилити поглинання енергії [5].

Фіннемор Дж. Е. та Франціні Б. Дж. [6] стверджували, що характеристики гідравлічного стрибка залежать від його числа Фруда (Fr1). Число Фруда – це співвідношення між силою інерції та силою тяжіння. Вони додали, що для того, щоб відбувся гідравлічний стрибок, потік має бути надкритичним, тобто стрибок може статися лише тоді, коли число Фруда більше 1,0. Гідравлічний стрибок класифікується за його числом Фруда. Коли Fr1 становить від 1,7 до 2,5, потік класифікується як слабкий стрибок і матиме плавний підйом на поверхні води з меншим розсіюванням енергії. Fr1 між 2,5 і 4,5 призводить до коливального стрибка з розсіюванням енергії 15 – 45 %. Стійкий стрибок буде відбуватися, коли Fr1 коливатиметься від 4,5 до 9,0, що призведе до розсіювання енергії від 45 % до 70 %. Коли Fr1 вище 9,0, відбудеться сильний стрибок із втратами енергії від 70 % до 85 %.

Найбільш поширеною формою розсіювання енергії є використання протиерозійного каменю на виході. Захист забезпечується, головним чином, достатньою довжиною та факелом для розсіювання енергії шляхом розширення потоку. Вимоги до розмірів протиерозійної кам’яної накидки повинні визначатися за допомогою графічних кривих у довіднику [7].

В роботі Чоу В. [2] зазначено, що гідравлічний стрибок для гасіння надлишкової енергії потоку, що виходить із водопропускної споруди, при незначній глибині води у відвідному руслі, можливо створювати та регулювати з допомогою порогів різних конструкцій, таких як водозлив з гострим гребнем, водозлив з широким порогом, раптовий поріг (підйом дна відвідного русла) і перепад (падіння дна відвідного русла). Також запропоновано застосування заспокійливих басейнів із застосуванням блочного покатного настилу (зубчатий – Rehbock sill чи суцільний поріг) – SAF, USBRII, USBRIV та

пороги і відбиваючі пілони, які зменшують довжину гідравлічного стрибка і запобігають розмиву споруди. Мають підвищену вартість, проєктуються для споруд капітального типу зі значними пропусками об'ємами з високими вхідними швидкостями.

В США у Політехнічному інституті Вірджинії проводяться дослідження щодо використання великих смуг шорсткості, як порогів, безпосередньо у водопропускній споруді для забезпечення безпечних швидкостей [8].

Більшість конструкторських бюро автомобільних доріг і залізниць США мають відповідні стандарти проєктування водопропускних споруд [9]. Одним із найпоширенішим підходом для захисту схилу від ерозії є гасник енергії у вигляді виступу (рис. 3).

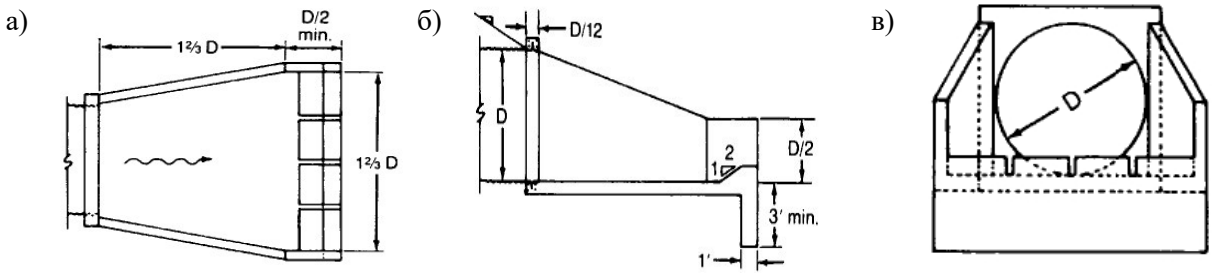


Рисунок 3 – Гасник енергії випускного кільця великих гофрованих сталевих конструкцій
Figure 3 – Exhaust ring energy quencher of large corrugated steel structures

В Каліфорнійському університеті у співпраці з Каліфорнійським відділом автомобільних доріг і Бюро громадських доріг було розроблено гасник енергії гачкоподібного типу (рис. 4) [10, 11].



Рисунок 4 – Гасник енергії гачкоподібної форми
Figure 4 – Hook-shaped energy extinguisher

Даний тип гаснику спочатку був розроблений для великих арочних водопропускних споруд з низьким виходом води, але може використовуватися для коробчастих або круглих водопропускних споруд. Енергія в басейні розсіюється завдяки тому, що гачки змінюють і повертають імпульс потоку на навколишній потік, щоб швидко розширити потік і сповільнити загальна швидкість.

Басейн з гачком може бути розроблений із постійним поперечним перерізом у басейні, або ложе може бути злегка розширеним назовні в напрямку вниз за течією. Залежно від швидкості виходу та

стану ґрунту можна очікувати деякий розмив нижче за течією басейну, що є негативним фактором застосування даного типу гасника.

Тому необхідно забезпечити захист відвідного русла від розмиву [12], а там, де очікується утворення великого сміття, передня поверхня гачків повинна бути закріплена сталлю [13].

В FHWA надано вказівки з проєктування гасників енергії з крюками [12]

В США незважаючи на успішне використання в Західній Вірджинії стандартних гасників енергії у вигляді перегородок (рис. 5), масового застосування вони не набули.

Матеріал може накопичуватися нижче центральної перегородки. Спостережувані умови після експлуатації на деяких об’єктах у Західній Вірджинії вказують на потенційну «мертву зону» в цій зоні, куди потоки можуть не досягати належного рівня та може накопичуватися зона сміття [13]. Збій цього типу розсіювача виникає, коли навколо перегородок і нижньої частини накопичується достатня кількість сміття та/або осаду, так що вода через водопропускну споруду не може протікати на повну потужність.

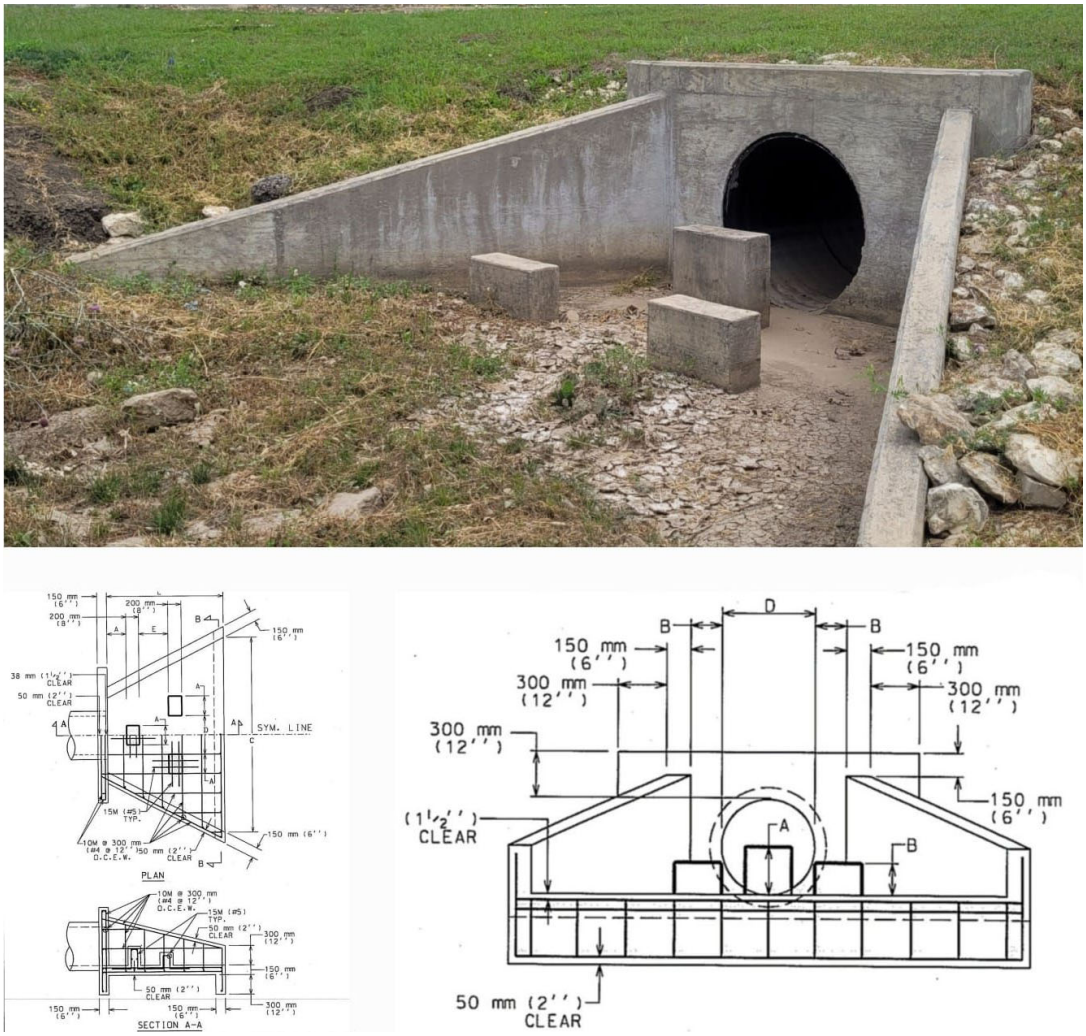


Рисунок 5 – Гасник енергії у формі стандартної перегородки

Figure 5 – Energy extinguisher in the form of a standard partition

Вертикальні бризки від удару потоків об центральну перегородку можуть бути проблемою, особливо в холодну погоду, коли накопичення льоду може швидко стати проблематичним. У цьому випадку можна встановити ковпак, щоб запобігти надмірному розбризкуванню.

Несправності розсіювачів зі стандартною перегородкою трапляються, коли велика кількість донних наносів накопичується між випускним отвором водопропускної труби та центральною перегородкою розсіювача, що може спричинити при наступних повенях затоплення водопропускної труби та руйнування насипу автомобільної дороги (рис. 6).



розсіювач з великою кількістю перегородок розсіювач з однією головною перегородкою

Рисунок 6 – Відмова розсіювача енергії з перегородками
Figure 6 – Failure of energy dissipator with baffles

Звіт Департаменту автомобільних доріг Західної Вірджинії (WVDOH) № 142 [14] і Бастон К. Р. [13] надають рекомендації щодо проектування стандартного розсіювача.

В Університеті штату Колорадо (CSU) розроблено гасник енергії у вигляді перегородок розташованих в шаховому порядку для ініціювання гідравлічного стрибка. CSU випробував ряд гасників з різними конфігураціями шорсткості, щоб визначити середній коефіцієнт лобового опору на шорсткій частині гасників. Вплив перегородок відображається в коефіцієнті опору, який був отриманий емпіричним шляхом для кожної конфігурації шорсткості [12].

В Україні з XX ст. найбільшими та організуючими центрами розвитку досліджень у галузі гідравліки та гідротехніки є міста Київ, Харків, Одеса, Дніпро, Львів, Рівне, з того моменту активно розпочинається вивчення роботи спряження б'єфів та гасіння надмірної енергії водяного потоку [15].

Так, в Києві з 1926 року в Інституті гідромеханіки НАН України активно займаються розробкою надійних методів розрахунку спряження б'єфів і кріплень дна за водоскидними спорудами [16], гасінням енергії [17, 18], вивченням гідравлічного стрибка; спорудженням водобійних колодязів за низьконапірними спорудами, створення методу розрахунку берегозахисних споруд від розмиву та затоплення.

З 1929 року в Інституті водних проблем і меліорації (ІВПіМ) НААН України займаються захистом від повеней та водної ерозії, поліпшенням методів гідравлічного розрахунку та створення конструкцій для гасіння кінетичної енергії потоку та боротьби з місцевими розмивами за гідротехнічними спорудами.

З 1930 року в Одеській державній академії будівництва і архітектури починають займатися проблемами спряження швидкотоку з нижнім б'єфом за допомогою розширювальної перехідної ділянки, гідравлічному режиму потоку за водобійним колодязем та перебігу рідини в обмежених просторах, впливу розмірів водобійних колодязів за умови роботи багатоступінчастого перепаду, структури гідравлічного стрибка [15].

Проведені роботи в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті починаючи з 1933 року були присвячені розробленню норм допустимих швидкостей течії води у укріплених руслах дорожнього водовідведення та стоку зливових вод з малих басейнів, створенню узагальнених методів гідравлічного розрахунку циліндричних водовідводів, вивчені умови протікання потоку через малі штучні споруди в руслі з великим ухилом дна.

Активне вивчення гідравліки та гідротехніки розпочалося з 1939 року в Національному університеті «Львівська політехніка», як одного з провідних наукових закладів України, та займаються дослідженнями з питань спряження б'єфів та гасіння енергії; формування русла в нижньому б'єфі гідротехнічних споруд.

З 1941 року в Київському національному університеті будівництва і архітектури, під керівництвом Аристовського В. В. активно почали займатися стійкості земляних укосів та природних схилів [19].

В Національному транспортному університеті (НТУ) з 1944 р. успішно проводяться роботи в галузі вивчення гідравліки малих штучних споруд: малих мостів та труб. До досліджень, ставляться питання пропуску зливових вод малими мостами та дорожніми трубами; умов протікання води в безнапірних дорожніх трубах і пропускну здатність малих мостів, розташованих нижче водозливної греблі; умов протікання води в отворах малих мостів при переходах через затоплені луги, а також умов утворення найбільшої витрати в отворах малих мостів при зливовому стоку; впливу форми гідрографів на величину витрати при пропуску зливових вод малими мостами та ухилу підмостового русла на умови руху потоку [20 – 22].

Певну зацікавленість мають роботи з розрахунку русел з неоднаковою по периметру шорсткістю та вивчення умов розтікання потоку в нижньому б'єфі малих штучних споруд, вивчення неусталеного руху зливових вод у руслах дорожнього водовідведення та розробки методів, алгоритмів та програм для гідравлічних та гідрологічних розрахунків отворів малих мостів та дорожніх труб.

З 1949 року в Харківському національному університеті будівництва та архітектури ім. О. М. Бекетова під керівництвом Петрова Г. О. присвячуються дослідження вивченню гідравліки змінної маси, внаслідок чого розроблено нові типи гасників енергії в нижньому б'єфі [23].

На основі проведених експериментальних досліджень попередження збійності течії в широкому нижньому б’єфі, вирівнювання питомих витрат за шириною потоку та гасіння енергії запропоновано ряд конструкцій розтікачів та гасників енергії.

Як відомо, класичними типами гасників енергії для умов плоскої задачі є водобійний колодязь і водобійна стінка або поєднання їх — комбінований гасник енергії. Ефективність та надійність гасіння енергії водобійним колодязем або водобійною стінкою при донному режимі стрибка визначається обґрунтованим призначенням їх розмірів – глибини та довжини колодязя або висоти водобійної стінки та розташуванням її щодо затвора. Дуже істотний вплив на ефективність гасіння енергії водобійним колодязем і стінкою надає кут нахилу напірних граней їх при виході в русло. [24]. При цьому розміри гасників енергії і кут нахилу напірної грані при виході в русло повинні бути призначені для найгірших

умов роботи споруди (найбільш несприятливі умови спряження б'єфів). Під час виходу потоку в нижній б'єф, ширина якого більша за ширину отвору споруди, форми та умови руху його ускладнюються.

Характерні особливості руху спокійного водотоку в широкому нижньому б'єфі – розтікання незатопленого транзитного струменя, велика нерівномірність розподілу витрат і швидкостей за шириною русла, збійність течії затопленого струменя з утворенням за зовнішніми контурами його водовороту (вальців) з вертикальними осями обертання [25].

Попередження небезпечних для споруди та русла форм руху потоку в широкому нижньому б'єфі та відновлення побутових (природніх) характеристик потоку в межах водобою потребує сумісного вирішення питань, щодо вирівнювання розподілу питомих витрат та швидкостей за шириною потоку, попередження збійності перебігу та гасіння надмірної енергії.

Олійник О. Я. [26] в якості гасника енергії запропонував зубчастий поріг у вигляді одного ряду зубів Ребока. Влаштування зубчатого порога згідно з дослідженнями дозволяє в значній межі зміни глибини отримати поверхневий режим, тому довжину кріплення за порогом рекомендується приймати рівною довжині донного вальця з деяким запасом, величина якого визначається:

$$Z_в = 4,5h_{нб} - \left(\frac{q}{\sqrt{P}} + 0,8P\right) \quad (1)$$

де $Z_в$ – глибина донного вальця, м;
$h_{нб}$ – глибина у відвідному руслі, м;
q – питома витрата;
P – висота греблі, м.

Єременко Є. В. [27] для вирішення задачі гасіння енергії та боротьби зі збійністю течії за однопрогоновими шлюзами – регуляторами досліджував криволінійну розрізну водобійну стінку, що встановлюється на виході зі споруди, опуклістю у бік відвідного русла. Значення центрального кута в дослідженнях змінювався та становив φ=30 °; 60 °; 90 °; 180 °. На основі дослідження оптимальний φ обрано рівним 60 °. Оптимальний коефіцієнт K_p розрізання стінки прийнятий, як b_b/b_n та рівний *0*, де b_b – довжина виступу, а b_n – довжина прорізу.

Стінка розрізається лише до половини висоти, а для визначення висоти такої стінки побудований графік. Дослідження Єременко Є.В. показали, що криволінійна розрізна стінка в порівнянні з суцільною створює сприятливий для розтікання режим і меншою мірою підтоплює вихідний отвір споруди. Загальним недоліком ламаних та криволінійних водобійних стінок, встановлених випуклістю в сторону відвідного русла, являється те що вони по осі споруди концентрують донні течії. Велику зацікавленість мають дослідження порівняльної оцінки роботи різних типів гасників енергії, в тому числі і стінок різних конструкцій.

В 1960-х роках в НТУ було проведено дослідження Ліліцьким Г. О. [28], за результатами якого було запропоновано конструкцію гасника енергії, що має задовільну дисипативну здатність в умовах вільного розтікання бурхливого потоку, гасник-розтікач має водобійну стінку, встановлену перпендикулярно до осі потоку, а за стінкою розташовується водобійний колодязь полігонального контуру (рис. 7).

Зміна питомої витрати вздовж осьового струменя визначається за графіком функції:

$$\frac{q_0}{q} = f(x, b_0, Fr_0), \tag{2}$$

де q_0 – питома витрата у споруді;

x – відстань розрахункового перерізу від вихідного перерізу споруди (рис. 8);

b_0 – ширина вихідного перерізу;

Fr_0 – число Фруда у вихідному перерізі, $Fr_0 = \frac{\upsilon_0}{\sqrt{gh_0}}$.

Рівняння гідравлічного стрибка в умовах просторової задачі, отримане для поступово розширюваного русла прямокутної форми застосоване для осьового струменя, що розширюється, в наступному вигляді:

$$4Fr_c^2(\beta_c\eta - 1) = \beta_c\eta(1 + \beta_c)(\eta^2 - 1), \tag{3}$$

де Fr_c – число Фруда у стиснутому перерізі;

$\beta_c = \frac{b_n}{b_c}$ – відношення ширини осьового струменя в стислому перерізі до ширини в кінці гідравлічного стрибка;

$\eta = \frac{h_n''}{h_c'}$ – відношення спряжених глибин.

Довжина колодязя може бути виражена:

$$L_k = c_1 + c_2 - a + l_n \tag{4}$$

де c_1 – довжина ділянки струменя з криволінійною траєкторією, $c_1 = (0,5 + 0,25Fr_0^2)h_{ок}$;

c_2 – довжина ділянки струменя з прямолінійною траєкторією, $c_2 = 1,9(h_{cm} + d)$;

a – величина, приймається за конструктивними міркуваннями та рівна від одної до двох товщин водобійної стінки;

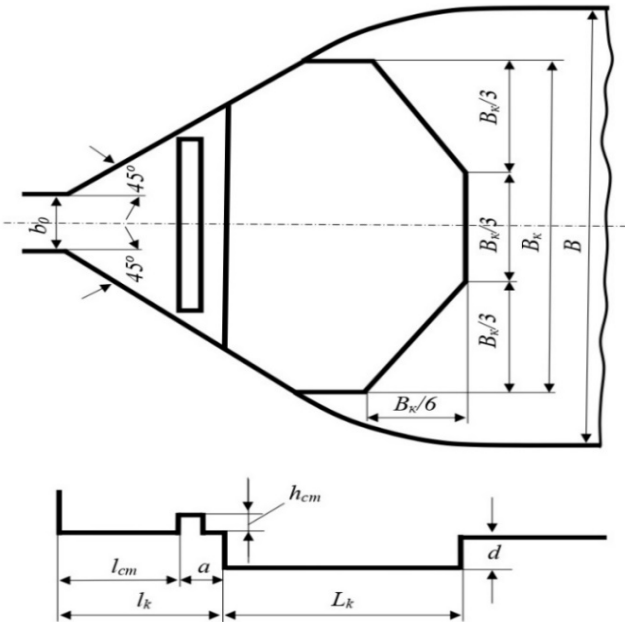
l_n – довжина стрибка у водобійному колодці, $l_n = 3,15h_c''$;

$h_{ок}$ – критична глибина в перерізі на виході зі споруди.

На основі проведених досліджень Ліпіцький Г. О. стверджував, що гасник-розтікач забезпечує розтікання потоку в нижньому б'єфі, запобігаючи виникненню збійної течії, забезпечує гасіння надмірної кінетичної енергії та не допускає виникнення небезпечних місцевих розмивів, а експериментальне дослідження гасника доводить ефективність його застосування за умов просторового розтікання потоку. Варто відмітити, що даний тип гасника енергії, при певних умовах, може бути досить ефективним, однак має складність виконання запропонованої конструкції.

Кієнчук О. Ф. [25] в якості гасника енергії при $\sum b << B$ ($\sum b$ – ширина зливного фронту; B – ширина водотоку) пропонує встановлювати криволінійну розрізну водобійну стінку зверненою опуклістю у бік споруди з контуром у плані у вигляді дуги кола з радіусом $R \approx 2B$ і з центральним кутом $\varphi = 30^o$. Оптимальне значення коефіцієнта розрізки, згідно результатів дослідження, рівне K_p =

3,0. Розрізання стінки здійснюється паралельно осі відвідного русла від гребня до половини її висоти, а нижня частина водобійної стінки залишається суцільною. Така конструкція гасника енергії дозволяє за рахунок кривизни перерозподіляти питомі витрати за шириною нижнього б'єфу за різної комбінації відкриття отворів, а виступами та прорізами розчленовувати донну частину потоку на окремі струмені, між якими виникають поверхні розділення, що сприяють інтенсивному перемішуванню водних мас та гасінню енергії.



B – ширина русла нижнього б'єфу; l_{cm} – відстань стінки від перерізу на виході; h_{cm} – висота стінки, $h_{cm} = 0,43h_0$, де h_0 – глибина в перерізі на виході зі споруди; l_k – відстань від перерізу на виході до передньої грані колодязя; L_k – довжина колодязя; a – величина, що приймається з конструктивних міркувань та дорівнює від однієї до двох товщин водобійної стінки; d – глибина колодязя.

Рисунок 7 – Гасник енергії Ліліцького Г. О.
Figure 7 – G. O. Lilitskyi's Energy Extinguisher

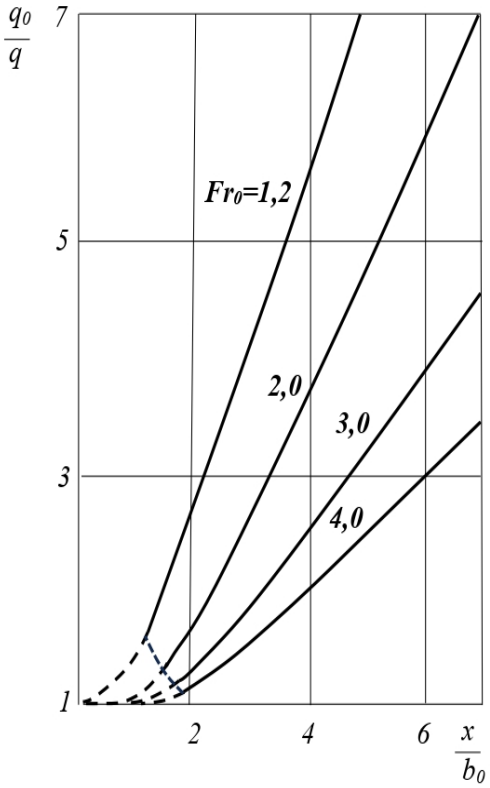
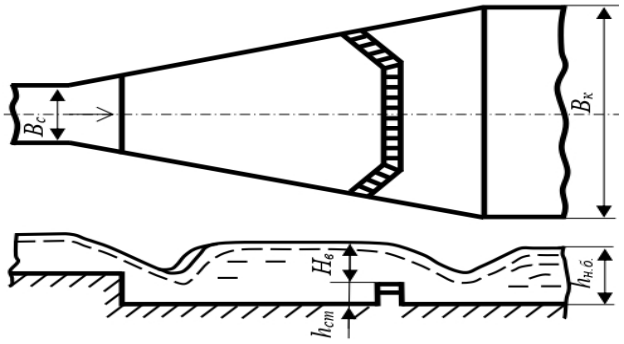


Рисунок 8 – Графік зміни питомої витрати в осьовому струмені
Figure 8 – The graph of changes in the specific flow rate in the axial jet

Загальним недоліком прорізних гасників енергії – є низька надійність їх роботи з потоком, що несе велику кількість донного та плаваючого сміття, що має велику ймовірність їх забиття.

В 1970-х роках у лабораторії Інституту водних проблем і меліорації НААН (ІВПіМ) Дупляком В. Д., Бондаренком В. І. [29] проводилися експериментальні дослідження гасіння енергії за допомогою розрізних ламаних в плані гасячо-розподільних стінок в розширювальному з центральним кутом 20 º – 60 º нижнім б'єфом (рис. 9).

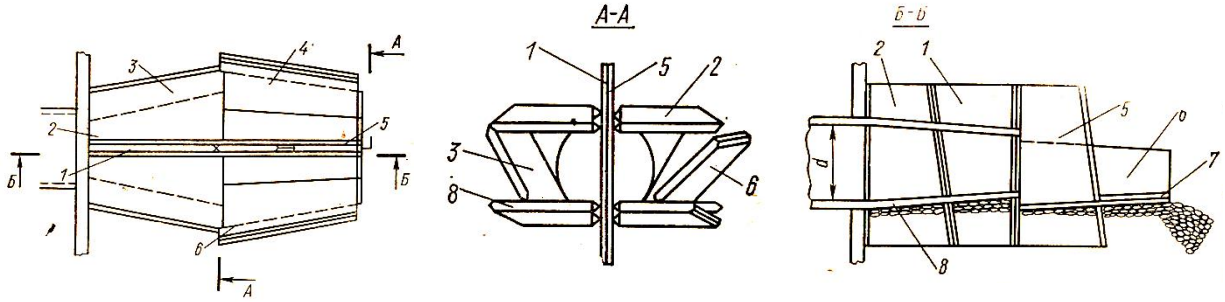


B_c – ширина отвору водопропускної споруду, м; $B_к$ – ширина відвідного русла, м; $h_{ст}$ – висота стінки, м; $h_{н.б}$ – природна висота, м; $H_в$ – напір за гребнем стінки, м.

Рисунок 9 — Схема досліджуваного гасника енергії
Figure 9 – Scheme of the studied energy extinguisher

Було встановлено, що при підтопленні стінки зі сторони нижнього б'єфу на глибину більшу критичній з'являється збійна течія. Результати проведених досліджень свідчать, що недоліком запропонованої конструкції при запропонованих теоретичних розрахунках висоти стінки за умови збільшення глибини води у відвідному руслі буде недостатньо, що потребуватиме збільшення відмітки водобою та гребеню стінки з плавним пониження відміток дна відвідного русла за водобійною стінкою (рисберми). При цьому розрахунок необхідно проводити, прийняв за площину відліку відмітку відвідного русла за місцевим пониженням рисберми.

У 1982 році Ковшун В. Я. в роботі [30] наводить дослідження гасників енергії різних типів в тому числі розробленого на кафедрі гідравліки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне) кінцевого патрубка-розтікача (рис. 10).



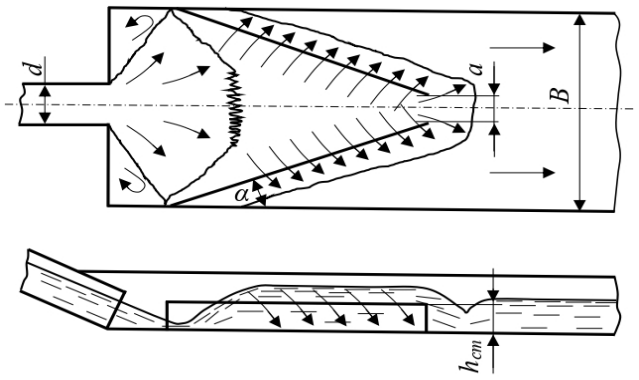
1 – роздільна стінка патрубка; 2 – розширювальний піддашок; 3 – бічна відкісна стінка патрубка; 5 – роздільна стінка кріплення; 4, 6 – бічний укіс кріплення; 7 – звужувальний трамплін кріплення; 8 – розширювальний трамплін.

Рисунок 10 – Схема кінцевого патрубка-розтікача
Figure 10 – The scheme of the end nozzle-spreader

Кінцевий патрубок-розтікач встановлюється безпосередньо біля вихідного отвору труби та кріпиться до зворотної стінки споруди. У поздовжньому вертикальному розрізі цей гасник є конфузором (ступінь вертикального стиснення струменя – 0,70), у плані – дифузором. Кут розпуску патрубка-розтікача дорівнює 12 ° 30 ', і, отже, він не виходить за межі граничного кута розтікання

потоку. Конструкція гасника має трапецеїдальний поперечний переріз, чим забезпечується більш плавний перехід потоку від круглої форми в трубі до трапецеїдальної – у відвідному каналі. Потік, виходячи з труби і потрапляючи в патрубок-розтікач, стискається у вертикальній площині і розширюється в горизонтальній з одночасною ліквідацією збійності в нижньому б'єфі та має перевагу над рядом гасників за показниками: донними актуальними швидкостями в кінці рисберми; за коефіцієнтами Коріоліса та Бусінеска; за характером планового розподілу середніх швидкостей горизонтальними площинами в створах нижнього б'єфу. В результаті визначення турбулентних характеристик потоку в нижньому б'єфі трубчастого перепаду за кінцевими патрубками-розтікачами за допомогою методів математичної статистики було встановлено, що розподіл пульсаційних швидкостей у кожній точці біля дна нижнього б'єфу близький до нормального, тому актуальну швидкість 1 %-вої забезпеченості можна визначати за правилом трьох сигм; інтенсивність турбулентності зменшується за довжиною відвідного каналу і на відстані (13 – 15) d від вихідного отвору приймає значення, характерні для рівномірного руху. Найбільша частка пульсаційної енергії припадає на область низькочастотних (великомасштабних) пульсацій, що визначають розмивну здатність потоку.

Гасник енергії є досить ефективним, однак складність конструкції впливає на його експлуатаційне утримання, а також може призвести до забиття засника сміттям.



B – ширина відвідного русла; *a* – ширина горла в звуженні дифузора; *α* – кут установки стінок; h_{cm} – висота стінок; α_n – кут сходу косих гідравлічних стрибків при граничному розширенні потоку, що визначається за графіком залежності $\alpha_n=f(\beta_n)$ (рис. 12)

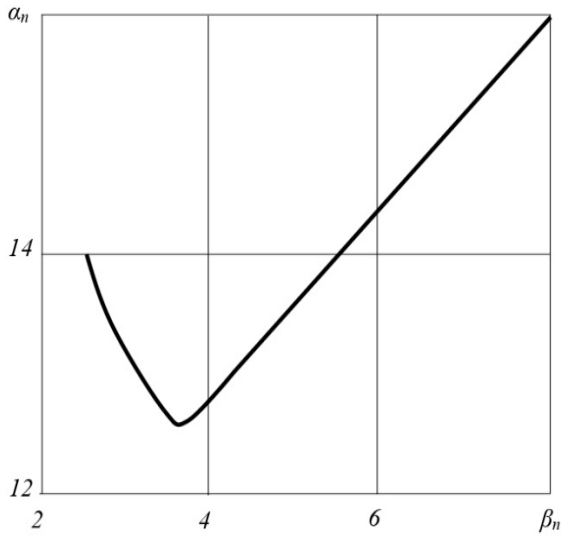
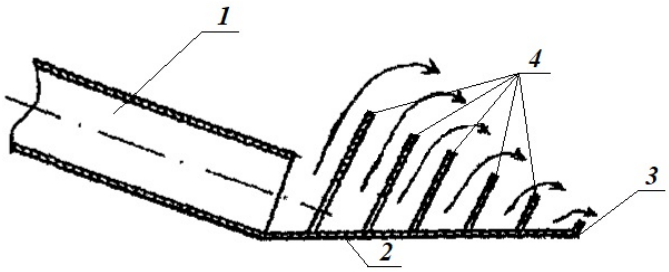


Рисунок 11 – Схема енерго гасясячого дифузора
Figure 11 – Scheme of an energy-extinguishing diffuser

Рисунок 12 – Графік залежності $\alpha_n=f(\beta_n)$
Figure 12 – Dependency graph $\alpha_n=f(\beta_n)$

В 1980 – х роках Цивіним М. Н. та Кольченком О. Л. [31] під час дослідження роботи нижнього б'єфу за косогірними водопропускними спорудами круглого перерізу було запропоновано безнапірний енергогасний дифузор, призначений для гасіння надмірної кінетичної енергії двомірного бурхливого потоку (рис. 11). Аналіз запропонованого підходу свідчить про неточноті розрахунку та недосконалості конструкції гасника надмірної кінетичної енергії.

Угіром Д. Ф. [32] було запропоновано гасник кінетичної енергії потоку води, який включає патрубок з прикріпленими до нього з зазором на одній осі дисками, що мають центральні отвори, діаметри яких зменшуються при віддаленні диска від патрубка, який відрізняється тим, що до патрубка прикріплюється горизонтальна пластина, що закінчується носком (рис. 13). Розробка є удосконаленим гасником кінетичної енергії потоку води, що має патрубок з дисками, закріпленими на одній вісі з зазором, що мають центральні отвори, діаметри яких зменшуються при віддаленні диска від патрубка, недолік даного гасника заключається в тому, що при встановленні його в стисненому руслі, наприклад, в голові тимчасового зрошувача, струмені води, направлені до бічних укосів, призводять до їх розмиву в місці установки гасника, окрім цього гасник ефективно працює тільки в режимі затопленого витікання води. В основі даних гасників енергії лежить відомий гасник енергії водного потоку, що має перфоровану трубу з заглушеним кінцем, недолік даного гасника заключається в тому, що кут між напрямком струменів води і віссю гасника збільшується по довжині гасника, а звуження потоку в плані призводить до концентрації витрат на вузькому фронті, в результаті місцеві швидкості зберігають високі значення на великій відстані від гасника, що призводить до розмиву дна русла.



1 – патрубок, 2 – горизонтальна пластина, 3 – відбійний носок, 4 – півдиски

Рисунок 13 – Гасник кінетичної енергії потоку води (загальний вигляд)
Figure 13 – Water flow kinetic energy extinguisher (general view)

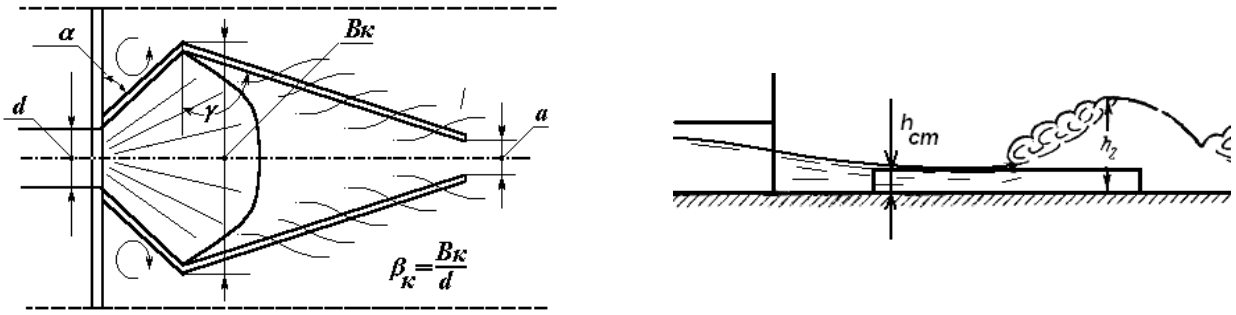
Використання гасника [32] кінетичної енергії потоку води забезпечує ефективне гасіння кінетичної енергії потоку води в умовах стисненого русла в режимі вільного і затопленого витікання води і зменшення її швидкості до розрахункових значень. Варто зазначити, що розрахункових параметрів запропонованого гасника енергії не наведено, як і результатів експериментальних досліджень, крім того, його будова за рахунок косих стінок має властивість руйнуватися від часу експлуатації, що ставить під сумнів його ефективність.

Широке застосування в дорожньому будівництві для гасіння надлишкової енергії бурхливого потоку за дорожніми водопропускними спорудами набув гасник ЦНДІС та його модифікації [33].

Гасник енергії має конструкцію, яка складається з незаглибленого водобійного колодязя, що розширюється в плані, з двома порогами, перший з яких, що є вищим, розташовується в безпосередній близькості від вихідного перерізу, другий, безпосередньо на виході з розтруба колодязя. Гасіння відбувається внаслідок взаємодії бурхливого потоку з порогами у водобійному колодязі. Перший поріг піднімає бурхливий потік в гору, а другий поріг сприймає удар водяного струменя, що спричинює інтенсивне гасіння енергії. Основним недоліком гасника енергії є великі гідродинамічні навантаження на конструктивні елементи, в тому числі донні пороги, ускладнення пропуску сміття, гілля, частин дерев, а також каміння. Незважаючи на наведені недоліки, даний тип гасника енергії, застосовується на даний час.

В Р А.2.1-218-02070915-706 [34] запропоновано конструкцію гасника енергії водяного потоку у вигляді дифузора (рис. 14).

Конструкція реалізована таким чином, що у зоні вільного розтікання бурхливого потоку встановлюються дві стінки невеликої висоти, які сходяться, стінки встановлюються від перетину повного розтікання по лінії косих гідравлічних стрибків, а висота стінок добирається таким чином, щоб забезпечити поверхневий перелив через них скидного потоку [34].



a – ширина отвору у горловині дифузору, м;

α – кут звуження стінок дифузора, град;

γ – кутом розтікання двомірного бурхливого потоку, град;

d – діаметр водопропускної споруди, м;

h_{cm} – висота стінок дифузора, м

$\beta_к$ – відносне розширення нижнього б'єфу, м;

$B_к$ – відносно, ширина нижнього б'єфу, м;

Рисунок 14 – Гасник енергії водяного потоку у вигляді дифузора
Figure 14 – Water flow energy quencher in the form of a diffuser

Таблиця 1 – Оптимальний діапазон зміни параметрів гасника енергії водяного потоку у вигляді дифузора.

Table 1 – The optimal range of changing the parameters of the water flow energy extinguisher in the form of a diffuser.

Фактори	α, град	γ,град	$\beta_к$	a/d	h_n / d	η
Діапазон зміни	27,6 – 38,5	66,0 – 71,1	3,4 – 4,8	0,08 – 0,30	0,37 – 0,58	0 – 0,34
Примітка: h_n – висота стінок, що сходяться, м; η – відношення висоти стінок, що сходяться, до висоти стінок, що розходяться.						

Орієнтовні розміри конструкції можна прийняти за даними, наведеними у таблиці 1.

Відстань від вихідного перетину труби до перетину повного розтікання можна обчислити за формулою:

$$L_{np} = 0{,}5\left(B - d\right) tg\gamma. \quad (5)$$

Числові значення параметру Y_1, який характеризує величину відносного скорочення площі кріплення, і параметра Y_2, який характеризує нерівномірність потоку у відвідному руслі визначають за формулами:

$$\begin{aligned} Y_1 = W / W_k = {} & 1,6092 + 0,1629X_1 - 0,5278X_2 - 0,1186X_3 - \\ & -0,2295X_4 + 0,0374X_5 - 0,0776X_1X_3 - 0,0733X_1X_4 + \\ & +0,0694X_1X_5 + 0,1628X_2X_3 + 0,1167X_2X_4 - 0,1299X_2X_5 - \\ & -0,4974X_3X_4 - 0,2935X_3X_5 + 0,1695X_4X_5 - 0,2984X_1^2 + \\ & +0,2835X_2^2 + 0,3269X_3^2 - 0,1681X_5^2 + 0,2966X_1^2X_4 + \\ & +0,0576X_4^2X_2 - 0,2851X_4^2X_3 + 0,0914X_4^2X_5 - 0,1106X_5^2X_1 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} Y_2 = {} & 0,0540 - 0,0220X_1 - 0,04130X_2 - 0,0043X_3 + 0,00845X_4 + \\ & +0,0047X_5 + 0,0061X_1X_2 - 0,0118X_1X_3 + 0,0179X_1X_4 + \\ & +0,0011X_2X_3 - 0,0107X_2X_4 - 0,0177X_2X_5 + 0,0061X_3X_5 + \\ & +0,0097X_4X_5 - 0,0182X_1^2 - 0,0322X_3^2 + 0,0360X_4^2 + \\ & +0,0143X_5^2 + 0,0114X_1^2X_3 - 0,0517X_1^2X_4 + 0,0507X_3^2X_1 + \\ & +0,0270X_3^2X_2 - 0,0059X_3^2X_5 \end{aligned} \tag{7}$$

де X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – значення змінних, $X_1 = \frac{Kn_q - 1,617}{0,618}$, $X_2 = \frac{\beta - 5,5}{2,5}$, $X_3 = \frac{\frac{a}{d} - 0,50}{0,25}$, $X_4 = \frac{\frac{\alpha}{\alpha_n} - 2}{1}$, $X_5 = \frac{\frac{h_{CT}}{d} - 0,5}{0,3}$.

Відносна глибина вирви розмиву, у першому наближенні, пов’язана з параметром оптимізації Y_1 наступним співвідношенням:

$$Y_1 = \left(\frac{W}{W_k} \right)^{2,5}, \tag{8}$$

де W і W_k — відповідно об’єм вирви розмиву при вільному розтіканні потоку і при наявності у нижньому б’єфі труби, гасника енергії у вигляді дифузора. Звідси, очікуваний об’єм вирви розмиву при наявності пропонованої конструкції гасника можна обчислити за залежністю:

$$W_k = \frac{W}{(Y_1)^{0,4}}. \tag{9}$$

Додатковою умовою оптимізації конструкції є необхідність підбору таких розмірів елементів гасника, щоб конструкція ефективно працювала у широкому діапазоні зміни витрат труби, цій вимозі відповідає умова:

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_1} \to 0, \tag{10}$$

де $\frac{\partial Y_1}{\partial X_1} = 0{,}1629 - 0{,}5968X_1 - 0{,}776X_3 - 0{,}0733X_4 + 0{,}0694X_5 + 0{,}5932X_1X_4 - 0{,}1106X_5^2 + 0{,}3499X_2X_5 + 0{,}0970X_3X_4$

Встановлено, що максимальний ефект гасіння можна забезпечити при величині відносного розширення $\beta \leq 5$. Для забезпечення ефективної роботи гасника у широкому діапазоні витрат труби необхідно обирати висоту стінок, що сходяться, меншої висоти при мінімальній величині вихідного отвору. Величину вихідного отвору рекомендується призначати з технологічних умов, виходячи з вимог самопромиву ковша гасника від донних наносів. А кут встановлення стінок, що сходяться, бажано приймати порядку $\leq 3\alpha_n$, при цьому різко знижуються гідродинамічні навантаження на стінки конструкції і покращується її струменерозподільна здатність. Однак, варто зазначити, що розрахунок параметрів виконується за рахунок складних емпіричних формул, що дає ризик похибки, а геометричні параметри гасника енергії потребують додаткових досліджень з індивідуальним застосуванням для окремого об’єкту, що дає сумніви його ефективності.

В альбомі [35] наведено типи укріплень відвідних русел, серед яких є застосування хмизових елементів для укріплення, що морально застарілим та неефективним підходом. Однак, не зважаючи на це, не запропоновано застосування гасників енергії водного потоку.

В посібнику до ДСТУ 9057 [36] під час проведення гідравлічного розрахунку водобійного колодязя (рис. 15, а) визначаються його глибина і довжина. Глибина d визначається за залежністю:

$$d = \sigma h_c'' - h_б - \Delta z, \tag{11}$$

де σ – коефіцієнт запасу, $\sigma = 1{,}05 – 1{,}1$;

h_c'' – глибина сполучення з глибиною в стисненому перерізі;

$h_б$ – глибина в нижньому б'єфі;

Δz – перепад рівнів на виході з водобійного колодязя.

Оскільки протікання води на виході є подібним протіканню через затоплений водозлив з широким порогом, то величина Δz визначається згідно з формулою:

$$\Delta z = \frac{Q^2}{2g\varphi'^2 h_б^2 b^2}, \tag{12}$$

де b – ширина русла;

φ' – коефіцієнт швидкості, близький до одиниці.

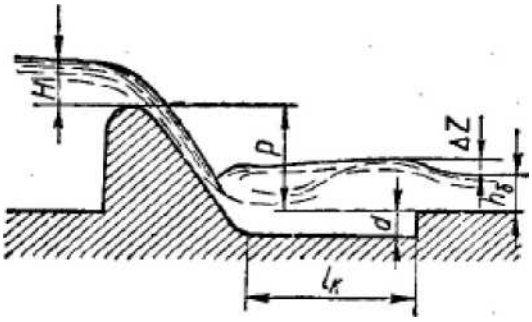
Відстань від споруди до стінки визначається так само, як і довжина водобійного колодязя (рис. 15, б). Висота водобійної стінки визначається за формулою:

$$c = \sigma h_c'' - H_1, \tag{13}$$

де σ – коефіцієнт запасу, $\sigma = 1{,}05 – 1{,}1$;

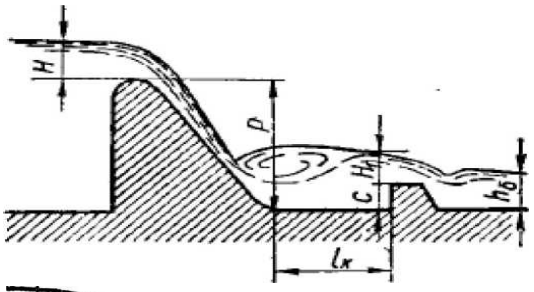
H_1 – напір перед водобійною стінкою.

а)



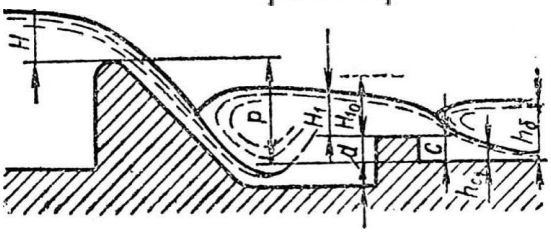
Умовні познаки:
H – напір на водозливі;
P – висота водозливу відносно дна нижнього б'єфу;
d – глибина водобійного колодязя;
Δz – перепад рівнів на виході з водобійного колодязя;
I_k – довжина водобійного колодязя;
$h_б$ – глибина в нижньому б'єфі.

б)



Умовні познаки:
H_1 – напір перед водобійною стінкою;
c – висота водобійної стінки, м.

в)



Умовні познаки:
H_{1o} – повний напір перед водобійною стінкою;
d – глибина водобійного колодязя;
h_{c1} – глибина в стиснутому перетині за стінкою.

а) водобійний колодязь; б) водобійна стінка; в) комбінований водобійний колодязь

Рисунок 15 – Схема гасника енергії
Figure 15 – Scheme of the energy extinguisher

Висоту стінки в комбінованому водобійному колодязі (рис. 15, в) здійснюють за формулою:

$$c = \frac{Q^2}{2gb^2\varphi^2 h_{c1}^2} + h_{c1} - H_{1o}. \quad (14)$$

Запропоновані підходи розроблені в 1960-х роках та потребують удосконалення на основі аналізу досвіду експлуатації подібних споруд.

Висновки та рекомендації.

У переважній більшості основним робочим елементом гасників кінетичної енергії є водобійний поріг або водобійна стінка, які протидіють руху потоку. Найпоширеніший тип гасника кінетичної енергії для одновимірних потоків, в яких величина пропускних витрати та побутова глибина змінюються в малих межах, є водобійний колодязь, що утворений уступом або суцільної чи прорізною стінкою.

В залежності від швидкості руху визначаються параметри водобійного елементу, чим вища швидкість потоку, тим більш високим, більш масивним, він повинен бути.

На характер розтікання води в нижньому б'єфі дорожніх водопропускних споруд, також впливає закон розподілу глибин та швидкостей у початковому перерізі розтікання та кривизна дна русла. Можна припустити, що активно формуючи епюру швидкостей або глибин в початковому перерізі розтікання, можна істотно скоротити зону вільного розтікання, а отже, і зменшити конструктивні розміри гасників енергії.

Розглянуті типи конструкцій не вичерпують всього різноманіття можливих інженерних рішень розробки нижніх б'єфів водопропускних споруд. Перспектива розвитку конструктивних заходів, призначених для контролювання двовимірними бурхливими потоками, вимагає подальшого поглибленого вивчення, спрямованого на пошуках нових рішень, покращення технічних параметрів конструкцій, вивчення питань типізації з метою широкого впровадження в гідротехнічному та транспортному будівництві.

Перелік посилань

1. Сайт компанії Catchments & Creeks Pty Ltd. URL: https://catchmentsandcreeks.com.au/ (дата звернення: 04.04.2024).

2. Chow, V.T. (1959) Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York., 680 p.

3. Tyagi, Avdhesh & Ali, Abdelfatah & Hamilton, Mathew (2015). Energy Dissipation in a Thirty-Foot Drop Broken-Back Culvert under Open-Channel Flow Conditions. 1480-1488. 10.1061/9780784479162.145.

4. Zhang C.(2023) Energy Dissipation Optimization For Circular Culverts [Unpublished master's thesis]. University of Nebraska – Lincoln

5. Vischer D. L. (1995). Energy dissipators, Eds. D.L. Vischer and W.H. Hager, Chapter 2, pp. 9 — 21.

6. Finnemore J. E., and Franzini B. J., (2002) Fluid Mechanics with Engineering Applications. McGraw-Hill, New York, NY, 790.

7. Virginia Erosion and Sediment Control Virginia Department of Handbook Third Edition 1992, P. 873 https://mostcenter.umd.edu/sites/default/files/2020-02/Virginia_Erosion_and_Sediment_Control_%20Handbook.pdf

8. Wiggert J.M., Erfle P.D., & Morris H.M. (1971). Roughness elements as energy dissipators of free-surface flow in circular pipes. Highway Research Record.
https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrr/1971/373/373-006.pdf

9. NCSPA (2008). Corrugated Steel Pipe Design Manual. National Corrugated Steel Pipe Association 14070 Proton Road Suite 100 LB 9 Dallas, TX 75244. P 637.

10. MacDonald T.C. (1967). Model Studies of Energy Dissipators for Large Culverts, Hydraulic Engineering Laboratory Study HEL-13-5, University of California, Berkeley.

11. FEMA P-679 (2010) Technical Manual: Outlet Works Energy Dissipators : Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair 558 P.

12. Federal Highway Administration (2006). Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels, HEC No. 14.

13. Baston Conrad R. (2000). Preliminary Investigation of Culvert Outlet Baffle Block Geometry and Energy Dissipation, Thesis submitted to the College of Engineering at West Virginia University, Morgantown, West Virginia.

14. West Virginia Department of Transportation (2002). Division of Highways, Effectiveness of West Virginia Department of Highways Standard Baffle Design at Culvert Outlets, Final Report: RP #142, Principal Investigator, Robert N. Eli, Department of Civil and Environmental Engineering, West Virginia University.

15. Забезпечення надійності та довговічності гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб в умовах експлуатації: монографія / А.М. Онищенко, В.В. Ковальчук, М.В. Гаркуша, М.Н. Цивін, І.А. Карнаков, Р.В. Мошківський. Київ: «Видавництво Людмила», 2023. – 179 с. https://doi.org/10.32751/Mono_Zabez2023

16. Біляшевський М. М., Пивовар М. Г., Розрахунок кріплень дна за низьконапірними щитовими водоскидами, К., Вид-во АН УРСР, 1962.

17. Сухомел Г. Й. Гідравліка : підручник для інженерно-меліоративних інститутів / Г. Й. Сухомел. — Харків-Київ : Держсільгоспвидав, 1933. — 280 с. ,

18. Сухомел, Г. Й. Елементарна гідравліка [Текст] : Посіб. / Г. Й. Сухомел, І. В. Журавель. — Х.-Д. : Держсільгоспвидав, 1935. — 328 с.

19. Аристовський В. В. Стійкість берегів Каховського водосховища, що зазнають зсувних та посадочних деформацій / В. В. Аристовський, Р. Т. Слободя. – К. : Вид-во Акад. наук УРСР, 1989. – 147 с.

20. Большаков В. О. Гідротехнічні споруди на автомобільних дорогах. М.: Транспорт, 1965. – 320 с.

21. Даденков Ю. М., Зубрій П. Є. Гідравлічні розрахунки відкритих русел. – Київ: Держбудвидав УРСР, 1961. – 208 с.

22. Большаков В. О., Курганович А. А. Розрахунки стоку та отворів малих мостів та дорожніх труб. Київ: Будівельник, 1966. – 151 с.

23. Петров Г. А. Гідравліка змінної маси. Рух рідини зі зміною витрати вздовж шляху / Г. А. Петров. — Харків: ХДУ, 1964. — 224 с.

24. Липай І. Є. Дослідження надійності роботи водобійних колодязів та гідравлічної структури потоку за ними за різного ступеня заповнення нижнього б'єфу. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня к.т.н. Київ, 1962 р. – 15 с.

25. Кієнчук О. Ф. Гасіння енергії в широкому нижньому б'єфі підпорно-регулюючих споруд меліоративних систем: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.14.09, Київ, 1966. – 24 с.

26. Олійник А.Я. Поєднання б'єфів та розрахунок кріплення за водозливними греблями за наявності зубчастого порогу на водобої. Автореферат дисертації к.т.н. К. 1959 р.

27. Еременко Є. В. Гідравлічний прижок в трапеціедальних призматичних руслах і спряжених б'єфів за однопрогоновими шлюзами-регулятором: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. 14.05.09 / УПВГ - К., 1960.- 21с.

28. Ліліцький Г. О. Застосування гасника енергії при раптовому розширенні русла в нижньому б'єфі малої штучної споруди // Гідравліка: Міжвідомчий республіканський науково-технічний збірник. – К.: Техніка, – 1965. – Вип.1. – С. 194 – 201.

29. Дупляк В. Д. Визначення висоти гасячо-розподільної стінки в розширювальному нижньому б'єфі / В.Д. Дупляк, В. І. Бондаренко. — Гідравліка та гідротехніка: Респ. міжвід. наук.-техн. зб., 1981. Вип. 32, с. 32 — 37.

30. Ковшун В. Я. Швидкісна структура потоку в нижньому б'єфі трубчатого перепаду з кінцевим гасником. Гідравліка і гідротехніка: Республіканський міжвідомчий науково-технічний збірник. Київ. : 1982, Вип. 34, С. 19 — 26

31. Зворотній зв'язок при плануванні активного гідравлічного експерименту/ М.Н. Цивін, О.Л. Кольченко // Гідравліка та гідротехніка: Республіканський міжвідомчий науково-технічний збірник.– К.: Техніка, – 1988. – Вип.47. – С. 60 – 66.

32. U A (11)9219 U 7 E02B8/06 ГАСНИК КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОТОКУ ВОДИ 1 (21)и200501704 (22)24.02.2005 '* (24) 15.09.2005 (46) 15.09.2005, Бюл. №9, 2005 р. Угір Дмитро Федорович. Херсонський державний аграрний університет

33. Методичні вказівки з гідравлічного розрахунку косогірних труб. ЦНДІС. 1967 С. 48.

34. Рекомендації з оптимізації конструкції гасників енергії в нижніх б`єфах дорожніх труб : Р А.2.1-218-02070915-706:2007 – [Чинний від 2007-12-27]. – К. : Укравтодор, 2007. – 48 с. – (Нормативні документи України).

35. Посібник до ДСТУ 9057:2020 настанова з проєктування та влаштування споруд поверхневого водовідведення на автомобільних дорогах загального користування – [Чинний від 2011-08-04]. – К. : Укравтодор, 2011. – 32 с. – (Нормативні документи України).

36. Альбом креслень конструктивних рішень металевих гофрованих конструкцій та пластикових труб – [Чинний від 2021-04-01]. – К. : Укравтодор, 2021. – 121 с. – (Нормативні документи України).

ANALYSIS OF EXCESSIVE KINETIC ENERGY OF WATER FLOW EXTINGUISHER DESIGNS

Harkusha Mykola V., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, AssociateProfessoroftheDepartmentofTunnelBridgesandHydraulicStructures, e-mail: mykola.harkusha@ntu.edu.ua, +380966287905, https://orcid.org/0000-0002-5388-0561

Summary. Road culverts are the most massive artificial structures on highways. It is worth to mention that the lower buffet of such structures works under difficult operating conditions, which are characterized by significant unevenness of the distribution of specific costs, high flow kinetics, saturation of the flow with bottom sediments, stones, debris, which causes erosion of the downstream of the structure and the destruction of the embankment and artificial buildings

It is possible to prevent the formation of dangerous forms of fluid movement in the downstream of road culverts made of metal corrugated structures by using engineering structures that make it possible to change the mechanism of movement and the speed structure of the flow behind the culvert, which can be achieved by installing an extinguisher of energy, which makes it possible to ensure equalization by the width of the discharge channel of costs, depths, speed and reduction of their pulsation.

The article analyzes the designs of extinguishers of excessive kinetic energy of the water flow.

Key words: breakwater wall, energy extinguisher, culvert, reliability, downstream.

References

1. Sayt kompaniyi Catchments & Creeks Pty Ltd. URL: https://catchmentsandcreeks.com.au/

2. Chow, V.T. (1959) Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York., 680 p.

3. Tyagi, Avdhesh & Ali, Abdelfatah & Hamilton, Mathew (2015). Energy Dissipation in a Thirty-Foot Drop Broken-Back Culvert under Open-Channel Flow Conditions. 1480-1488. 10.1061/9780784479162.145.

4. Zhang C.(2023) Energy Dissipation Optimization For Circular Culverts [Unpublished master's thesis]. University of Nebraska – Lincoln

5. Vischer D. L. (1995). Energy dissipators, Eds. D.L. Vischer and W.H. Hager, Chapter 2, pp. 9 — 21.

6. Finnemore J. E., and Franzini B. J., (2002) Fluid Mechanics with Engineering Applications. McGraw-Hill, New York, NY, 790.

7. Virginia Erosion and Sediment Control Virginia Department of Handbook Third Edition 1992, P. 873 https://mostcenter.umd.edu/sites/default/files/2020-02/Virginia_Erosion_and_Sediment_Control_%20Handbook.pdf

8. Wiggert J.M., Erfle P.D., & Morris H.M. (1971). Roughness elements as energy dissipators of free-surface flow in circular pipes. Highway Research Record.
https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrr/1971/373/373-006.pdf
9. NCSPA (2008). Corrugated Steel Pipe Design Manual. National Corrugated Steel Pipe Association 14070 Proton Road Suite 100 LB 9 Dallas, TX 75244. P 637.
10. MacDonald T.C. (1967). Model Studies of Energy Dissipators for Large Culverts, Hydraulic Engineering Laboratory Study HEL-13-5, University of California, Berkeley.
11. FEMA P-679 (2010) Technical Manual: Outlet Works Energy Dissipators : Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair 558 P.
12. Federal Highway Administration (2006). Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels, HEC No. 14.
13. Baston Conrad R. (2000). Preliminary Investigation of Culvert Outlet Baffle Block Geometry and Energy Dissipation, Thesis submitted to the College of Engineering at West Virginia University, Morgantown, West Virginia.
14. West Virginia Department of Transportation (2002). Division of Highways, Effectiveness of West Virginia Department of Highways Standard Baffle Design at Culvert Outlets, Final Report: RP #142, Principal Investigator, Robert N. Eli, Department of Civil and Environmental Engineering, West Virginia University.
15. Zabezpechennya nadiynosti ta dovhovichnosti hidrotekhnichnykh sporud transportnoho budivnytstva z dorozhnikh vodopropusknykh trub v umovakh ekspluatatsiyi: monohrafiya / A.M. Onyshchenko, V.V. Koval′chuk, M.V. Harkusha, M.N. Tsyvin, I.A. Karnakov, R.V. Moshkivs′kyy. Kyyiv: «Vydavnytstvo Lyudmyla», 2023. – 179 s. https://doi.org/10.32751/Mono_Zabez2023
16. Bilyashevs′kyy M. M., Pyvovar M. H., Rozrakhunok kriplen′ dna za nyz′konapirnymy shchytovymy vodoskydamy, K., Vyd-vo AN URSR, 1962.
17. Sukhomel H. Y. Hidravlika : pidruchnyk dlya inzhenerno-melioratyvnykh instytutiv / H. Y. Sukhomel. — Kharkiv-Kyyiv : Derzhsil′hospvydav, 1933. — 280 s.
18. Sukhomel, H. Y. Elementarna hidravlika [Tekst] : Posib. / H. Y. Sukhomel, I. V. Zhuravel′. — KH.-D. : Derzhsil′hospvydav, 1935. — 328 s.
19. Arystovs′kyy V. V. Stiykist′ berehiv Kakhovs′koho vodoskhovyshcha, shcho zaznayut′ zsuvnykh ta posadochnykh deformatsiy / V. V. Arystovs′kyy, R. T. Slobodya. – K. : Vyd-vo Akad. nauk URSR, 1989. – 147 s.
20. Bol′shakov V. O. Hidrotekhnichni sporudy na avtomobil′nykh dorohakh. M.: Transport, 1965. – 320 s.
21. Dadenkov YU. M., Zubriy P. YE. Hidravlichni rozrakhunky vidkrytykh rusel. – Kyyiv: Derzhbudvydav URSR, 1961. – 208 s.
22. Bol′shakov V. O., Kurhanovych A. A. Rozrakhunky stoku ta otvoriv malykh mostiv ta dorozhnikh trub. Kyyiv: Budivel′nyk, 1966. – 151 s.
23. Petrov H. A. Hidravlika zminnoyi masy. Rukh ridyny zi zminoyu vytraty vzdovzh shlyakhu / H. A. Petrov. — Kharkiv: KHDU, 1964. — 224 s.
24. Lypay I. YE. Doslidzhennya nadiynosti roboty vodobiynykh kolodyaziv ta hidravlichnoyi struktury potoku za nymy za riznoho stupenya zapovnennya nyzhn′oho b'yefu. Avtoreferat dysertatsiyi na zdobuttya naukovoho stupenya k.t.n. Kyyiv, 1962 r. – 15 s.
25. Kiyenchuk O. F. Hasinnya enerhiyi v shyrokomu nyzhn′omu b'yefi pidporno-rehulyuyuchykh sporud melioratyvnykh system: Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk. 05.14.09, Kyyiv, 1966. – 24 s.

26. Oliynyk A.YA. Poyednannya b'yefiv ta rozrakhunok kriplennya za vodozlyvnymy hreblyamy za nayavnosti zubchastoho porohu na vodoboyi. Avtoreferat dysertatsiyi k.t.n. K. 1959 r.

27. Eremenko YE. V. Hidravlichnyy pryzhok v trapetsiyedal′nykh pryzmatychnykh ruslakh i spryazhenykh b'yefiv za odnoprohonovymy shlyuzamy-rehulyatorom: Avtoref. dyss. ... kand. tekhn. nauk. 14.05.09 / UIIVH - K., 1960.- 21s.

28. Lilits′kyy H. O. Zastosuvannya hasnyka enerhiyi pry raptovomu rozshyrenni rusla v nyzhn′omu b'yefi maloyi shtuchnoyi sporudy // Hidravlika: Mizhvidomchyy respublikans′kyy naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. – K.: Tekhnika, – 1965. – Vyp.1. – S. 194 – 201.

29. Duplyak V. D. Vyznachennya vysoty hasyacho-rozpodil′noyi stinky v rozshyryuval′nomu nyzhn′omu b'yefi / V.D. Duplyak, V. I. Bondarenko. — Hidravlika ta hidrotekhnika: Resp. mizhvid. nauk.-tekhn. zb., 1981. Vyp. 32, s. 32 — 37.

30. Kovshun V. YA. Shvydkisna struktura potoku v nyzhn′omu b'yefi trubchatoho perepadu z kintsevym hasnykom. Hidravlika i hidrotekhnika: Respublikans′kyy mizhvidomchyy naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Kyyiv. : 1982, Vyp. 34, S. 19 — 26

31. Zvorotniy zv'yazok pry planuvanni aktyvnoho hidravlichnoho eksperymentu/ M.N. Tsyvin, O.JI. Kol′chenko // Hidravlika ta hidrotekhnika: Respublikans′kyy mizhvidomchyy naukovo-tekhnichnyy zbirnyk.– K.: Tekhnika, – 1988. – Vyp.47. – S. 60 – 66.

32. U A (11)9219 U 7 E02V8/06 HASNYK KINETYCHNOYI ENERHIYI POTOKU VODY 1 (21)y200501704 (22)24.02.2005 '* (24) 15.09.2005 (46) 15.09.2005, Byul. №9, 2005 r. Uhir Dmytro Fedorovych. Khersons′kyy derzhavnyy ahrarnyy universytet

33. Metodychni vkazivky z hidravlichnoho rozrakhunku kosohirnykh trub. TSNDIS. 1967 S. 48.

34. Rekomendatsiyi z optymizatsiyi konstruktsiyi hasnykiv enerhiyi v nyzhnikh b`yefakh dorozhnikh trub : R A.2.1-218-02070915-706:2007 – [Chynnyy vid 2007-12-27]. – K. : Ukravtodor, 2007. – 48 s. – (Normatyvni dokumenty Ukrayiny).

35. Posibnyk do DSTU 9057:2020 nastanova z proyektuvannya ta vlashtuvannya sporud poverkhnevoho vodovidvedennya na avtomobil′nykh dorohakh zahal′noho korystuvannya – [Chynnyy vid 2011-08-04]. – K. : Ukravtodor, 2011. – 32 s. – (Normatyvni dokumenty Ukrayiny).

36. Al′bom kreslen′ konstruktyvnykh rishen′ metalevykh hofrovanykh konstruktsiy ta plastykovykh trub – [Chynnyy vid 2021-04-01]. – K. : Ukravtodor, 2021. – 121 s. – (Normatyvni dokumenty Ukrayiny).

УДК 331.4:658
UDC 331.4:658

DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-195-205

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ISO 3100:2018 В ПРОЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

RISK MANAGEMENT OF PRODUCTION PROCESSES ACCORDING TO THE ISO 3100:2018 STANDARD IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE PROJECTS



***Мельниченко Олександр Іванович**, Заслужений працівник освіти України, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: melnichenko@ntu.edu.ua,*

http://orcid.org/0000-0001-9694-9824



***Харута Віталій Сергійович,** кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: kharuta_vitaliy@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0002-8897-7558



***Сорочинська Олена Леонідівна,** кандидат історичних наук, Державний університет інфраструктури і технологій, м. Київ, Україна, e-mail:ellena06.84@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0003-2477-1275



***Кульбовський Іван Іванович,** кандидат технічних наук, Державний університет інфраструктури і технологій, м. Київ, Україна, e-mail: kulbovskiy@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0002-5329-3842

Анотація. В статті досліджуються вимоги та сучасні підходи до управління безпекою праці та її вдосконалення на підприємствах транспортної галузі України за допомогою сучасного міжнародного стандарту з управління ризиками. Проведено детальний аналіз нового міжнародного стандарту ISO 3100:2018 з управління ризиками, а також запропоновано підходи та заходи з покращення системи управління безпекою праці на підприємствах транспортної галузі.

Об'єкт дослідження – міжнародні стандарти з системи управління ризиками.

Мета роботи – аналіз впровадження нового міжнародного стандарту з управління ризиками ISO 3100:2018 з розробкою сучасної моделі управління безпекою праці на підприємствах транспортної галузі.

Методи дослідження – аналітичний.

Сучасне та якісне управління безпекою праці на підприємствах є одним з пріоритетних напрямків діяльності підприємств з точки зору зниження виробничого травматизму, поліпшення умов праці та оздоровлення мікроклімату на підприємстві. З метою ефективного управління безпекою праці на підприємствах транспортної галузі автори цієї статті пропонують запровадити нову сучасну модель управління безпекою праці на основі стратегії запобігання виникненню небезпек та ризиків на робочих місцях відповідно до міжнародного стандарту ISO 3100:2018. Метою дослідження є визначення правильного підходу до організації системи безпеки праці на підприємствах транспортної галузі шляхом застосування сучасного міжнародного стандарту з управління ризиками, а також моделювання процесу покращення стану безпеки праці на підприємствах.

Результати досліджень можуть бути рекомендовані до впровадження у систему управління безпекою праці на підприємствах України.

Ключові слова: міжнародні стандарти, ISO 3100:2018, безпека праці, методологія, управління, модель, транспорт, ризик, виробничий процес, ідентифікація.

Постановка проблеми.

У всьому світі визнано, що найефективнішою стратегією забезпечення та підтримання максимально можливого рівня безпеки праці є стратегія запобігання небезпекам на робочому місці. Ця стратегія передбачає розробку заходів безпеки на основі процедур оцінки ризиків. Ця стратегія лежить в основі нормативно-правової бази з охорони праці в промислово розвинених країнах Європейського Союзу і постійно переглядається з урахуванням актуальних проблем захисту працівників від нещасних випадків і професійних захворювань. В рамках Угоди про асоціацію з Європейським Союзом Україна взяла на себе зобов'язання поступово реформувати свою нормативно-правову базу протягом наступних кількох років шляхом імплементації та гармонізації відповідних нормативно-правових актів. Тому в цей період всі без винятку суб'єкти господарювання автоматично повинні будуть прийняти принципово нову для багатьох з них стратегію, засновану на оцінці ризиків, для забезпечення комфортних, безпечних і здорових умов праці. Своєчасна ідентифікація потенційних професійних ризиків дозволить вжити заходів для їх запобігання або мінімізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зарубіжні та вітчизняні науковці приділяють неабияку увагу оцінці професійних ризиків на підприємствах. Дослідженням у галузі оцінки й управління професійними ризиками присвячено роботи S Ismael, Г.Г. Гогіташвілі, В.Г. Здановський, В.М. Степанишин, В.В. Халіль, О.В. Третьяков, А.Ф. Булат, А.П. Бочковський та інші [1-8].

Мета статті - мета та задачі дослідження полягають у визначенні правильного підходу до оцінки професійних ризиків на виробництві та ефективного управління безпекою праці на підприємствах транспортної галузі України за допомогою впровадження сучасних міжнародних стандартів з управління ризиками, з метою покрашення стану безпеки праці на підприємствах.

Виклад основного матеріалу.

Задекларований Україною перехід до ринкової економіки та інтеграція з країнами ЄС вимагає від підприємств усіх форм власності впровадження європейських стандартів у всіх сферах діяльності, в тому числі й у сфері охорони праці. Як свідчить досвід сучасних підприємств, які вже переглянули

свою політику у сфері охорони праці відповідно до міжнародних стандартів, це сприяє підвищенню компетентності працівників у питаннях безпеки, зниженню професійних ризиків, травматизму та захворюваності.

У світовій практиці вже давно відомо, що найбільші фінансові втрати підприємство несе від нещасних випадків. Витрати від нещасних випадків ділять на прямі і непрямі. Прямі витрати у разі нещасного випадку включають:

- ✓ заробітну плату за період відсутності потерпілого на роботі;
- ✓ вартість медичного обслуговування постраждалого;
- ✓ інші витрати, викликані нещасним випадком;

До непрямих витрат відносять:

- ✓ втрати робочого часу іншими співробітниками, крім потерпілого;
- ✓ втрати робочого часу управлінського апарату;
- ✓ оплата праці юристів, втрата часу при розслідуванні нещасного випадку;
- ✓ збитки, пов'язані із псуванням майна та невиконанням виробничих та організаційних планів підприємства;
- ✓ втрата престижу компанії та інші.

Тож надзвичайно важливою складовою управління підприємством, є впровадження системи управління професійними ризиками, яка необхідна для вчасної ідентифікації ризиків та впровадження превентивних заходів.

Управління ризиками є частиною управління і має значний вплив на спосіб управління організацією на всіх рівнях, дозволяючи їй розробляти стратегії, досягати поставлених цілей і приймати обґрунтовані рішення. Управління ризиками сприяє вдосконаленню систем управління. Методи управління ризиками, що використовувалися раніше, є недостатніми для протидії сучасним викликам і загрозам. З цією метою Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) переглянула стандарт ISO 31000 «Управління ризиками. Керівні принципи» і опублікувала нову версію – ISO 31000:2018. Його впровадження забезпечує організації основу для підвищення рівня професійної безпеки, зниження ризиків на робочих місцях, створення і підтримання безпечних умов праці [9].

Управління ризиками – це напрям, що дуже швидко розвивається. Існує багато описів різноманітних видів того, що належить до поняття «управління ризиками», як його використовують та з якою метою

На сьогодні провідною концепцією управління ризиками в світі є концепція ISO 31000.

ISO 31000 «Управління ризиками» – це міжнародний стандарт управління ризиками, розроблений для допомоги великим і малим організаціям в державному та приватному секторі ефективно управляти операційними ризиками. ISO 31000 було розроблено технічним комітетом № 262 «Менеджмент ризику» Міжнародної організації зі стандартизації (The International Organization for Standardization, ISO). У лютому 2018 року вийшла нова версія стандарту – ISO 31000:2018.

Незважаючи на те, що загальна структура стандарту ISO 31000 у новій редакції залишилася незмінною, все ж певні зміни є, зокрема:

- ✓ нова редакція документу стала значно коротшою та налічує 15 сторінок (крім обкладинок та додатків);
- ✓ принципи також зазнали змін і тепер їх не 11, а лише вісім (рисунок 1);
- ✓ робиться акцент на тому, що ефективність управління ризиками буде залежати від її інтеграції до управління та всієї діяльності організації, разом з прийняттям рішень, що безпосередньо залежить від підтримки керівництва;

✓динамічний та мінливий характер поведінки й культури людини розглядається протягом усього процесу управління ризиками.

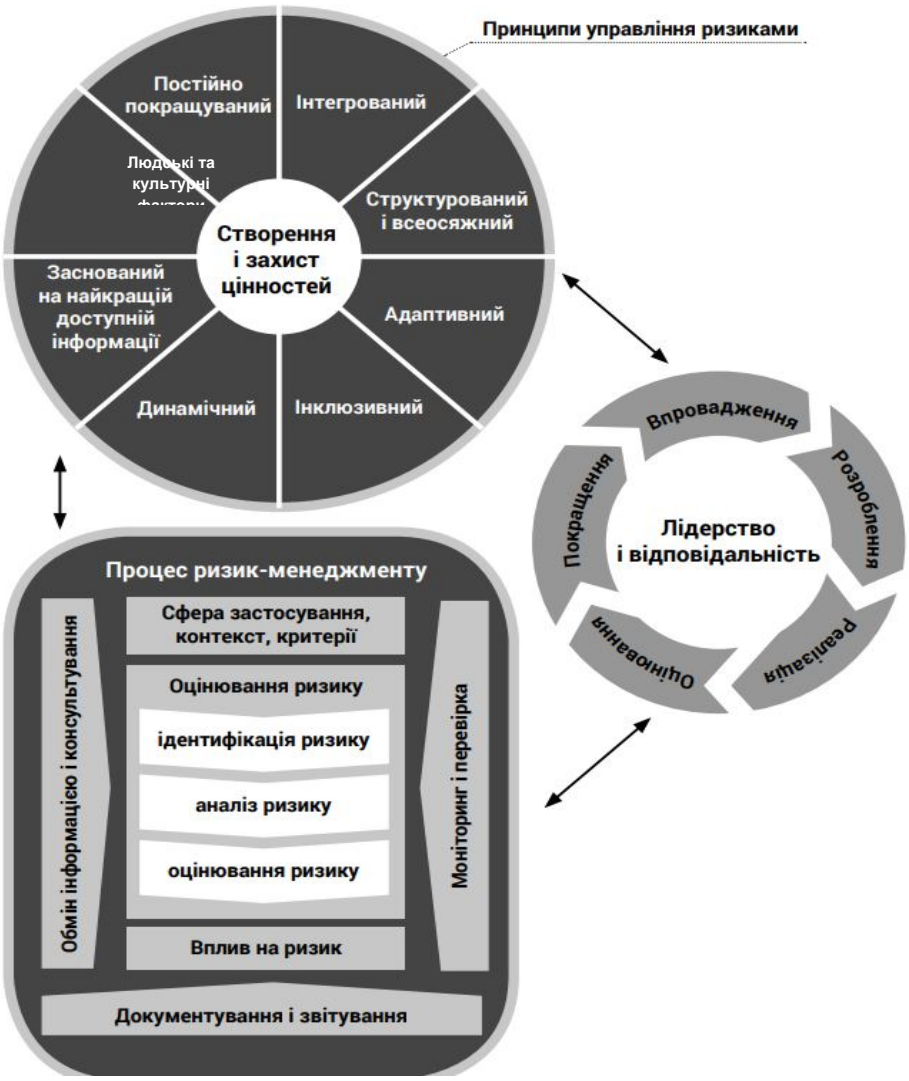


Рисунок 1 – Основні компоненти ризик-менеджменту
Figure 1 – The main components of risk management

Для переходу підприємств України на європейську модель управління безпекою праці необхідно в першу чергу переглянути підходи до управління виробничими ризиками, що можуть виникати на підприємстві та створювати небезпеку для життя та здоров'я працівників. Так як підприємства транспортної галузі є одними з найбільш небезпечних, де досить часто виникають виробничі травматизми та професійні захворювання, тому вкрай необхідно побудувати на підприємствах нову модель управління безпекою праці на основі оцінки ризиків. З метою формування ризикорієнтовної системи управління безпекою праці необхідно запровадити на підприємствах

транспортної галузі проведення ідентифікації небезпек, оцінки та управління професійними ризиками у сфері безпеки праці.

Здійснення оцінки професійних ризиків спрямоване на реалізацію процесу постійного:

- ✓ виявлення нових небезпек, які присутні або можуть з'явитися під час виробничої діяльності, та моніторингу за вже визначеними небезпеками;
- ✓ визначення ймовірності виникнення небезпек та прогнозування можливих наслідків їх впливу на працівника;
- ✓ управління професійними ризиками з метою зменшення їх величини.

Ідентифікація небезпек, оцінка та управління професійними ризиками у сфері безпеки праці повинні проводитися: за видом роботи; на робочому місці.

Проведення ідентифікації небезпек, оцінки та управління професійними ризиками базується на методі «матриці наслідків/ймовірностей» відповідно до ДСТУ IEC/ISO 31010 [10].

Отримані результати оцінки професійних ризиків рекомендовано використовувати:

- ✓ під час навчання та інструктажів з охорони праці, стажування працівників для інформування останніх про результати оцінки професійних ризиків на їх робочих місцях;
- ✓ під час складання технологічних карт;
- ✓ в проектах виконання робіт;
- ✓ в інструкціях з охорони праці або інструкціях з експлуатації обладнання, устаткування, пристроїв тощо;
- ✓ під час складання виробничих планів і планів роботи з охорони праці;
- ✓ планування заходів щодо покращення умов праці;
- ✓ під час проведення аналізу причин нещасних випадків на виробництві.

Міжнародний стандарт ISO/IEC 31010 «Управління ризиками. Методи оцінки ризиків» містить рекомендації щодо вибору та застосування методів оцінки ризиків. Приклади включають мозковий штурм, метод Дельфі, оцінку токсикологічних ризиків, аналіз дерева несправностей, причинно-наслідковий аналіз, дослідження небезпеки та ефективності (HAZOR), аналіз «краватки-метелика» та моделювання за методом Монте-Карло. Загалом стандарт передбачає 31 метод аналізу ризиків.

Підприємство обирає метод аналізу ризиків відповідно до чинного законодавства, особливостей своєї господарської діяльності та, звичайно, ефективності конкретного методу аналізу професійних ризиків. Однак, незалежно від методу, який використовує підприємство для виявлення професійних ризиків, дуже важливо вживати заходів для моніторингу та контролю системи управління професійними ризиками.

Моніторинг необхідний насамперед для того, щоб виявити зміни в характеристиках ризику через зміни в навколишньому середовищі, а також для перевірки адекватності існуючих процедур у мінливому середовищі.

Процес моніторингу повинен супроводжуватися паперовою та електронною документацією. Дані моніторингу також використовуються для оцінки та прогнозування стану охорони праці на підприємстві. Аналіз, заснований на безперервному моніторингу, дозволяє швидко виявляти проблеми, що виникають на кожному робочому місці, і коригувати системи управління ризиками за допомогою організаційних заходів, які можуть мати вплив на безпеку трудового процесу в режимі реального часу.

Постійний моніторинг систем управління професійними ризиками є найоптимальнішим способом надання швидкої, всебічної та достовірної інформації про систему та її недоліки.

Оскільки неможливо створити досконалу систему управління професійними ризиками за один день, моніторинг дозволяє виявити непередбачувані збої та вчасно вжити заходів для їх усунення, захищаючи таким чином життя і здоров'я працівників, а також економічні та часові ресурси підприємства.

Вирішенню завдань ефективного управління системами управління професійними ризиками сприяють наступні заходи:

✓ проведення технічних оглядів обладнання (машин, механізмів, інструментів) на відповідність вимогам безпеки;

✓ проводити різноманітні навчальні заходи: навчання безпечним методам і прийомам праці, наданню першої долікарської допомоги потерпілим працівникам, інструктажі з охорони праці, стажування на робочому місці, перевірка знань з питань охорони праці;

✓ проведення профілактичних та обов'язкових медичних оглядів і контроль за станом здоров'я працівників відповідно до умов праці з урахуванням особливостей впливу шкідливих і небезпечних факторів, що відображають вплив умов праці на здоров'я працівників та максимально об'єктивно оцінюють професійні ризики;

✓ впровадження на підприємствах інноваційних заходів з інтеграції новітніх високотехнологічних засобів моніторингу ремонтопридатності та технічного стану обладнання.

Впровадивши систему управління професійними ризиками на підприємстві, необхідно постійно перевіряти, чи продовжує вона залишатися ефективною, і в разі незадовільного результату максимально швидко приймати коригувальні заходи або при необхідності здійснювати переоцінку професійних ризиків.

Оцінка та управління професійними ризиками здійснюється окремо для кожної ідентифікованої небезпеки.

Для проведення ідентифікації небезпек, оцінки та управління професійними ризиками створюється постійно діюча комісія з ідентифікації небезпек та оцінки професійних ризиків (Комісія). Метою проведення ідентифікації небезпеки є виявлення джерела, ситуації або дії, які можуть завдати шкоди працівнику чи призвести до погіршення стану його здоров’я під час виконання ним виробничих процесів.

Проведення ідентифікації небезпек, оцінки та управління професійними ризиками на підприємствах транспортної галузі може включати наступні етапи (таблиця 1):

Джерела інформації та заходи, що можуть використовуватися під час проведення ідентифікації небезпек для певних робіт або робочих місць:

✓ результати розслідування нещасних випадків, що мали місце під час виконання цих робіт або на даних (аналогічних) робочих місцях;

✓ результати атестації даних робочих місць за умовами праці;

✓ аналіз інформації в реєстрі професійних ризиків щодо наявних небезпек під час виконання цих робіт або на даних (аналогічних) робочих місцях;

✓ результати перевірок стану охорони праці на даних робочих місцях;

✓ результати проведення аудитів (внутрішніх/зовнішніх) охорони праці, що стосуються виконання цих робіт або на даних (аналогічних) робочих місцях;

✓ аналіз вимог нормативно-правових актів з охорони праці, а також вимоги щодо безпечного утримання та експлуатації обладнання, машин, механізмів на робочих місцях;

✓ проведення огляду робочого місця та здійснення спостереження за працівниками під час виконанням ними робіт;

✓ опитування працівників, які задіяні на цих роботах, щодо потенційних небезпек, які ними виявлені під час виконання виробничих процесів;

✓ аналіз відповідності матеріалів та речовин, що застосовуються під час цих робіт або на даному (аналогічному) робочому місці відповідно до інструкцій-виробників устаткування, інструментів тощо;

✓ використання інформації раніше проведеної оцінки професійних ризиків;

✓ моделювання ситуацій, в яких працівники або інші особи можуть потрапити під дію небезпеки;

✓ використання інших джерел інформації (інтернет, обмін досвідом з іншими працівниками, які були задіяні в проведенні оцінки професійних ризиків).

Таблиця 1 – Етапи проведення ідентифікації небезпек, оцінки та управління професійними ризиками

Table 1 – Stages of hazard identification, assessment and management of occupational risks

Етап	Назва етапу	Відповідальні за виконання	Фіксація результатів етапу	Наступний етап
1	Створення Комісії з ідентифікації небезпек та оцінки професійних ризиків (Комісія)	керівник підрозділу, де проводиться оцінка професійних ризиків	– наказ по підрозділу; – протокол результатів засідання Комісії	2
2	Ідентифікація небезпек та визначення власника небезпеки	Комісія	– картка професійних ризиків; – реєстр професійних ризиків	3
3	Оцінка професійних ризиків	Комісія	– картка професійних ризиків; – реєстр професійних ризиків	4
4	Управління професійними ризиками	Комісія; керівництво підрозділу	– картка професійних ризиків; – реєстр професійних ризиків	5
5	Моніторинг небезпек	Керівництво підрозділу; служба охорони праці підрозділу; працівники, які виконують роботи, де проводилася оцінка ризиків	– акти перевірок стану охорони праці; – звернення працівника; – аналіз виробничого травматизму; – тощо.	3

Під час проведення ідентифікації небезпек на підприємствах транспортної галузі варто в першу чергу досліджувати:

✓ технологію виконання робіт;

- ✓ основні та допоміжні види діяльності, що проводяться під час виконання робіт;
- ✓ устаткування, обладнання та інструменти, що застосовуються на робочому місці;
- ✓ матеріали та речовини, що застосовуються;
- ✓ інфраструктуру навколо робочого місця, де виконуються роботи;
- ✓ небезпечні виробничі чинники та джерела, що не пов'язані з даним робочим місцем, але такі, що можуть завдавати шкоди здоров'ю та безпеці працівників, які працюють на цьому робочому місці;
- ✓ діяльність усіх працівників, які мають доступ до даного робочого місця під час виконання робіт;
- ✓ врахувати погодні умови (в разі виконання робіт на відкритому повітрі);
- ✓ людські і організаційні чинники з врахуванням їх можливих відхилень від очікуваних (стандартних) станів [11].

В разі ідентифікації небезпеки Комісія заповнює картку професійних ризиків на цю небезпеку.

До картки професійних ризиків заноситься інформація щодо небезпеки, а саме:

- ✓ дата складання картки;
- ✓ назва підрозділу;
- ✓ вид робіт, що виконується або запланований до виконання;
- ✓ місце, де виявлена небезпека під час виконання даних робіт: цех (дільниця, пункт, майстерня), прохід (коридор, оглядова яма), обладнання, пристосування тощо;
- ✓ працівники (професія/посада), на яких впливає небезпека;
- ✓ код та назва ідентифікованої небезпеки;
- ✓ власник ідентифікованої небезпеки;
- ✓ наслідки впливу небезпеки на працівника.

В разі ідентифікації небезпек вони досліджуються за ступенем їх прояву:

- ✓ явно існуючі небезпеки;
- ✓ потенційні небезпеки (ті, що можуть проявитися за певних умов);
- ✓ скриті небезпеки (які можуть бути виявлені під час більш детального аналізу);
- ✓ наслідкові небезпеки (такі, що можуть мати місце в результаті прояву іншої небезпеки).

Наприклад, під час виконання робіт на залізничній колії:

явно існуючі небезпеки: наїзд рухомого складу;

- ✓ потенційні небезпеки: погіршення стану самопочуття працівників в разі впливу підвищеної температури атмосферного повітря в літній період під час роботи на колії, укуси комах та тварин;
- ✓ скриті небезпеки: ураження працівника електричним струмом в результаті пошкодження ізоляції кабелями живлення електроінструменту під час виконання робіт;
- ✓ наслідкові небезпеки: отримання опіків в разі займання матеріалів, трави тощо від бризг розплавленого металу під час зварювання стиків рейок.

Після проведення оцінки професійного ризику та визначення його категорії значущості здійснюється управління професійним ризиком (обрання та впровадження відповідних заходів) з метою зменшення категорії значущості цього ризику.

В першу чергу **потребують управління істотні та помірні** професійні **ризики.** Управління професійним ризиком реалізується відповідно до ДСТУ ISO Guide 73:2013 Керування ризиком. Словник термінів (ISO Guide 73:2009 IDT) шляхом [12]:

- ✓ змінення ймовірності виникнення небезпеки;
- ✓ змінення важкості наслідків впливу небезпеки;
- ✓ одночасно змінення ймовірності виникнення та важкості наслідків впливу небезпеки.

Під час вибору заходів щодо управління професійним ризиком необхідно прагнути до зниження величини професійного ризику з урахуванням наступної ієрархії (від більш ефективних заходів до помірних):

✓ повного усунення небезпеки: заміна небезпечного устаткування (обладнання, пристроїв тощо) на безпечне; заміна шкідливих матеріалів на нешкідливі; зміна технології робіт, з метою виключення певної небезпеки;

✓ зниження величини професійного ризику від небезпеки: внесення змін в технологічний процес (застосування менш шкідливих матеріалів, зменшення рівня напруги; заміна обладнання, устаткування на таке, що має менший рівень небезпеки, шкідливості); заміна наявної небезпеки іншою, із зменшеним рівнем категорії значущості;

✓ запобігання контакту працівника з небезпекою: виведення працівника із зони, де присутня небезпека або застосування відповідних технічних рішень (встановлення вентиляції, огородження, ізолювання);

✓ застосування систем безпечного виконання робіт: використання системи візуалізації інформації про небезпеку (знаки та маркування безпеки, попереджуючі плакати); проведення навчання та інструктажів з питань охорони праці; проведення стажування (дублювання); застосування системи нарядів-допусків (розпоряджень) на роботи, що пов'язані з професійними ризиками; контроль за станом обладнання тощо;

✓ застосування засобів захисту: застосування засобів колективного та індивідуального захисту.

Висновки. Успішний перехід на міжнародний стандарт ISO 3100:2018 є складним, але необхідним завданням. Управління професійними ризиками є невід'ємною частиною будь-якого підприємства, тому що вміння правильно і своєчасно ідентифікувати професійні ризики та вживати превентивних заходів для їх мінімізації та усунення є запорукою фінансової стабільності підприємства. Нездатність здійснювати моніторинг і контроль систем управління професійними ризиками, забезпечувати їх адекватність і своєчасність призводить до неминучих втрат ресурсів підприємства.

Перелік посилань

1. Здановський В. Г., Гогіташвілі Г. Г., Степанишин В. М. Нове у системі управління охороною праці на основі системного підходу та імплементації євростандартів. *Проблеми охорони праці в Україні,* 2016. Вип. 31. С. 3-11.

2. Халіль В.В. Удосконалення системи управління ризиками небезпек на машинобудівному виробництві: автореф. дис. … канд. техн. наук:05.26.01. Харків, 2018. 28 с.

3. Здановський В. Г., Цибульська О. В. Про деякі аспекти удосконалення системи охорони праці в Україні. *Проблеми охорони праці в Україні*, 2017. Вип. 33. С. 3–14.

4. Третьяков О. В., Нестереко С. В., ДоронінЄ. В., Головенко М. М. Ризик-орієнтований підхід визначенняумов праці на робочих місцях. *строительство, материаловедение, машиностроение,* 2018. Вип 105. С. 131-138. DOI:10.30838/ P. CMM.2415.250918.126.142

5. Булат А. Ф., Бунько Т. В., Кокоулін І. Є.та ін. Ризик-орієнтований підхід до охорони праці і промислової безпеки у вугільних шахтах: концепція, нормативна база, оцінка і управління ризиками. *Строительство, материаловедение, машиностроение,* 2018. Вип 105. С. 313-321. DOI: 10.30838/ P. CMM.2415.250918.313.190

6. Ismael S. Sánchez - Herrera, Mario J. Donate. Occupational safety and health (OSH) and business

strategy: The role of the OSH professional in Spain. Safety Science, 2019. Vol. 120, P. 206- 225. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.037

7. Кружилко О. Є., Сторож Я. Б., Лютак І. З., Праховнік Н. А. Методичні засади оцінки виробничих ризиків при плануванні профілактичнихзаходів. *Проблеми охорони праці в Україні*, 2017. Вип.33. С. 15–21.

8. Бочковський, А. П. Шляхи комплексної реалізації процесу управління ризиками в системах управління охороною праці підприємств / А. П. Бочковський, Н. Ю. Сапожнікова // Вісн. Львів. держ. ун-ту безпеки життєдіяльності. – 2019. – № 20. – С. 41–52.

9. ISO 3100:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи й керівні вказівки».

10. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (IEC/ISO 31010:2009, IDT).

11. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.

12. ДСТУ ISO Guide 73:2013 Керування ризиком. Словник термінів (ISO Guide 73:2009 IDT).

RISK MANAGEMENT OF PRODUCTION PROCESSES ACCORDING TO THE ISO 3100:2018 STANDARD IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE PROJECTS

Melnichenko *Oleksand* *I., Honored Worker of Education of Ukraine,* candidate of science in engineering, *professor,* National Transport University*, the head of the department Manufacturing, Repair and Materials Engineering,* e-mail: melnichenko@ntu.edu.ua, tel. +38(050)6562446, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, orcid.org/0000-0001-9694-9824

Kharuta Vitaliy S., candidate of science in engineering, professor, National Transport University, the head of the department Manufacturing, vice rector for academic work, e-mail: kharuta_vitaliy@ukr.net, tel. +38(096)4719517, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, orcid.org/0000-0002-8897-7558

Sorochynska Olena L., Ph.D., associate professor, State University of Infrastructure and Technologies, associate professor of department «Ecology and safety of life», e-mail: ellena06.84@ukr.net, tel. +38(067)7626178, Ukraine, 04071, Kyiv, str. Kyrylivska, 9, orcid.org/0000-0003-2477-1275

Kulbovskyi Ivan I., Ph.D., associate professor, State University of Infrastructure and Technologies, associate professor of department «Automation and computer-integrated technologies of transport», e-mail: kulbovskiy@ukr.net, tel. +38(067)9305928, Ukraine, 04071, Kyiv, str. Kyrylivska, 9, orcid.org/0000-0002-5359-3842

Abstract The article examines the requirements and modern approaches to occupational safety management and its improvement at the enterprises of the transport industry of Ukraine using the modern international standard for risk management. A detailed analysis of the new international standard ISO 3100:2018 on risk management was carried out, as well as approaches and measures to improve the occupational safety management system at transport industry enterprises were proposed.

The object of the research is international standards on the risk management system.

The purpose of the work is to analyze the implementation of the new international standard for risk management ISO 3100:2018 with the development of a modern model of occupational safety management at transport industry enterprises.

Research methods are analytical.

Modern and high-quality management of labor safety at enterprises is one of the priority areas of enterprise activity from the point of view of reducing industrial injuries, improving working conditions and improving the microclimate at the enterprise. In order to effectively manage occupational safety at enterprises

of the transport industry, the authors of this article propose to introduce a new modern model of occupational safety management based on the strategy of preventing the occurrence of hazards and risks at workplaces in accordance with the international standard ISO 3100:2018. The purpose of the study is to determine the correct approach to the organization of the labor safety system at enterprises in the transport industry by applying the modern international standard for risk management, as well as modeling the process of improving the state of labor safety at enterprises.

Research results can be recommended for implementation in the labor safety management system at enterprises of Ukraine.

Key words: nternational standards, iso 3100:2018, labor safety, methodology, management, model, transport, risk, production process, identification.

Refernces

1. Zdanovs′kyy V. H., Hohitashvili H. H., Stepanyshyn V. M. Nove u systemi upravlinnya okhoronoyu pratsi na osnovi systemnoho pidkhodu ta implementatsiyi yevrostandartiv. Problemy okhorony pratsi v Ukrayini, 2016. Vyp. 31. S. 3-11.

2. Khalil′ V.V. Udoskonalennya systemy upravlinnya ryzykamy nebezpek na mashynobudivnomu vyrobnytstvi: avtoref. dys. … kand. tekhn. nauk:05.26.01. Kharkiv, 2018. 28 s.

3. Zdanovs′kyy V. H., Tsybul′s′ka O. V. Pro deyaki aspekty udoskonalennya systemy okhorony pratsi v Ukrayini. Problemy okhorony pratsi v Ukrayini, 2017. Vyp. 33. S. 3–14.

4. Tret′yakov O. V., Nestereko S. V., Doronin YE. V., Holovenko M. M. Ryzyk-oriyentovanyy pidkhid vyznachennya umov pratsi na robochykh mistsyakh. stroytel′stvo, materyalovedenye, mashynostroenye, 2018. Vyp 105. S. 131-138. DOI: 10.30838/ P. CMM.2415.250918.126.142

5. Bulat A. F., Bun′ko T. V., Kokoulin I. YE. ta in. Ryzyk-oriyentovanyy pidkhid do okhorony pratsi i promyslovoyi bezpeky u vuhil′nykh shakhtakh: kontseptsiya, normatyvna baza, otsinka i upravlinnya ryzykamy. Stroytel′stvo, materyalovedenye, mashynostroenye, 2018. Vyp 105. S. 313-321. DOI: 10.30838/ P. CMM.2415.250918.313.190

6. Ismael S. Sánchez - Herrera, Mario J. Donate. Occupational safety and health (OSH) and business strategy: The role of the OSH professional in Spain. Safety Science, 2019. Vol. 120, P. 206- 225. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.037

7. Kruzhylko O. YE., Storozh YA. B., Lyutak I. Z., Prakhovnik N. A. Metodychni zasady otsinky vyrobnychykh ryzykiv pry planuvanni profilaktychnykh zakhodiv. Problemy okhorony pratsi v Ukrayini, 2017. Vyp. 33. S. 15–21.

8. Bochkovs′kyy, A. P. Shlyakhy kompleksnoyi realizatsiyi protsesu upravlinnya ryzykamy v systemakh upravlinnya okhoronoyu pratsi pidpryyemstv / A. P. Bochkovs′kyy, N. YU. Sapozhnikova // Visn. L′viv. derzh. un-tu bezpeky zhyttyediyal′nosti. – 2019. – № 20. – S. 41–52.

9. ISO 3100:2018 «Menedzhment ryzykiv. Pryntsypy y kerivni vkazivky».

10. DSTU IES/ISO 31010:2013 Keruvannya ryzykom. Metody zahal′noho otsinyuvannya ryzyku (IES/ISO 31010:2009, IDT).

11. DSTU 2293:2014 Okhorona pratsi. Terminy ta vyznachennya osnovnykh ponyat′.

12. DSTU ISO Guide 73:2013 Keruvannya ryzykom. Slovnyk terminiv (ISO Guide 73:2009 IDT).

УДК 629.02 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-206-217**
УДК 629.02

ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПНЕВМАТИЧНОЇ ШИНИ ТА РОЗМІРІВ ЇЇ ПЛЯМИ КОНТАКТУ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ ШЛЯХОМ

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE RADIAL STIFFNESS OF A PNEUMATIC TIRE AND THE SIZE OF ITS CONTACT PATCH WITH THE BEARING SURFACE



Іванушко Олександр Миколайович, *доктор філософії, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: oleksandr.ivanushko@gmail.com, тел.: +380969298556,*

https://orcid.org/0000-0003-3759-5856



Разбойніков Олександр Олександрович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри автомобілів, e-mail: razboyn1k@ukr.net, тел.: +380972214790,*

https://orcid.org/0000-0003-3024-0999



Клочан Арсен Євгенійович, *доктор філософії, Національний транспортний університет, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, e-mail: varsenchuk@gmail.com, тел.+380683528126,*

https://orcid.org/0000-0002-4225-9382



Давиденко Олександр Олександрович*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail: oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua, тел. +380504713399,*

http://orcid.org/0000-0003-0176-3256

Анотація. Параметри автомобільного колеса та його пневматичної шини зокрема, суттєво впливають як на динаміку руху транспортного засобу, так і на характер його взаємодії з дорожнім покривом. Це пояснюється тим, що саме пневматична шина автомобільного колеса є кінцевим елементом конструкції автомобіля, яка безпосередньо взаємодіє з дорожнім покривом і передає всі сили та моменти (що діють в плямі контакту з опорною поверхнею) на його підвіску та рульове керування. Тож, з одного боку, параметри взаємодії автомобільного колеса з опорною поверхнею в значній мірі визначають керованість та стійкість автомобіля, прохідність та плавність ходу, паливну економічність та ефективність використання автомобільного транспортного засобу в цілому, тощо; з іншого – рівень негативного впливу транспортного засобу на дорожній покрив. Відповідно параметри автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею необхідні, як при дослідженні руху автомобільних транспортних засобів, так і при розрахунках дорожнього одягу. В даній статті наведено результати експериментальних досліджень щодо визначення радіальної жорсткості пневматичної шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) та розмірів її плями контакту з опорною поверхнею при різних значеннях вертикального навантаження на автомобільне колесо. Представлені дослідження виконані в рамках реалізації проєкту «Розробка моделі навантаження за фактичними параметрами великовагового рухомого складу для визначення вантажно-пропускної здатності автодорожніх мостів при їх відновлені та експлуатації у воєнний і повоєнний періоди» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди» за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України.

Ключові слова: автомобільне колесо, пневматична шина, радіальна жорсткість шини, пляма контакту між шиною та опорною поверхнею, дорожній покрив, мостовий перехід.

Вступ. На динаміку руху автомобіля впливає велика кількість параметрів та робочих процесів його систем та механізмів [1]. Разом з тим, суттєвої уваги заслуговують параметри автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею дороги. До основних параметрів автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею слід віднести радіальну та бічну жорсткості пневматичної шини, повздовжній та поперечний коефіцієнти зчеплення з дорогою, коефіцієнт опору бічному відведенню та розміри плями контакту з опорною поверхнею тощо. Останнє впливає не тільки на динаміку руху автомобіля а й на напружено-деформований стан плити прогонової будови мосту.

Параметри пневматичних шин, а точніше відбиток шини, як схема розподілення навантаження використовуються для розрахунку за двома групами граничних станів плити прогонової будови автодорожніх мостів: залізобетонної, металевої ортотропної, дощатого настилу дерев'яних або тимчасових мостів.

На рисунку 1 зображено схематичне розміщення транспортного засобу. Згідно основних принципів конструювання та забезпечення надійності об'єктів будівництва, транспортні засоби необхідно розташовувати керуючись чинними нормативними документами таким чином щоб ці моделі створювали найнебезпечніші умови роботи елементів конструкції, тобто викликали найбільші внутрішні зусилля та деформації. В такому випадку необхідно розробити розрахункову схему плити прогонової будови та завантажити її. Для рисунку 1 це буде нерозрізна балка.

З рисунку 2 випливає, що розмір відбитка колеса значною мірою буде впливати на створення розрахункової схеми, так як від ширини колеса та типу, а також кількості транспортних засобів їх розміщення буде різним, тому відповідно перед інженером буде стояти задача розрахунку конструкції при найневигідніших умовах роботи.

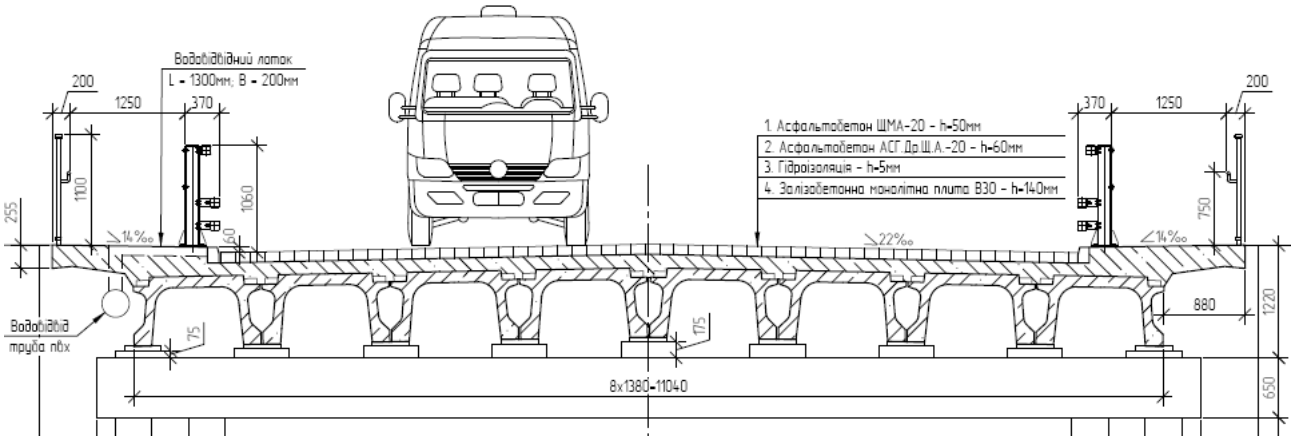


Рисунок 1 – Поперечний переріз автодорожнього мосту із схемою завантаження залізобетонної плити прогонової будови

Figure 1 – Cross-section of a road bridge with a loading scheme of the concrete girder slab

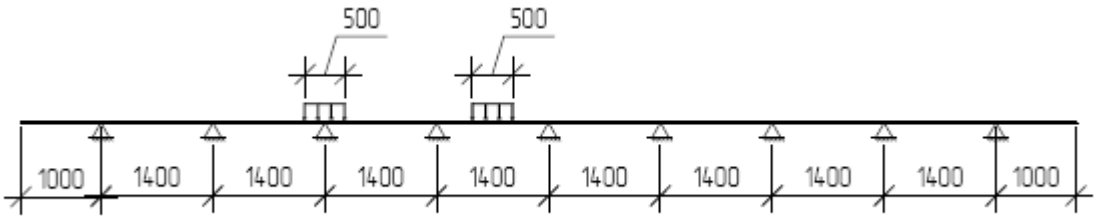


Рисунок 2 – Розрахункова схема (нерозрізна балка) залізобетонної плити прогонової будови

Figure 2 – Design scheme (continuous beam) of a reinforced concrete slab of a span structure

На рисунку 2 показано схему для аналітичного класичного розрахунку, проте сьогодні все частіше розрахунки будівельних конструкцій проводять в програмному забезпечені за методом скінченних елементах. В такому випадку створюється просторова розрахункова модель де відбиток колеса транспортного засобу задається через ширину і довжину. Підкреслимо, що більшість таких комплексів можуть задавати рівномірне навантаження лише у вигляді прямокутника, тому незважаючи на те, що відбиток колеса може бути овальної форми він в розрахунках приводиться до прямокутної, що спрощує роботу інженера.

Зазначимо, що це справедливо для розрахунку фактичної вантажопідйомності, або у випадку розрахунку пропуску великовагового навантаження, так як проєктні чинні моделі тимчасового рухомого навантаження АК та НК чітко регламентовані.

Для визначення параметрів автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею дороги проводяться відповідні експериментальні дослідження. Так, для визначення радіальної жорсткості шини c_T необхідно визначити її пружну характеристику, тобто залежність деформації шини s_T від вертикального навантаження F на неї (рис. 3).

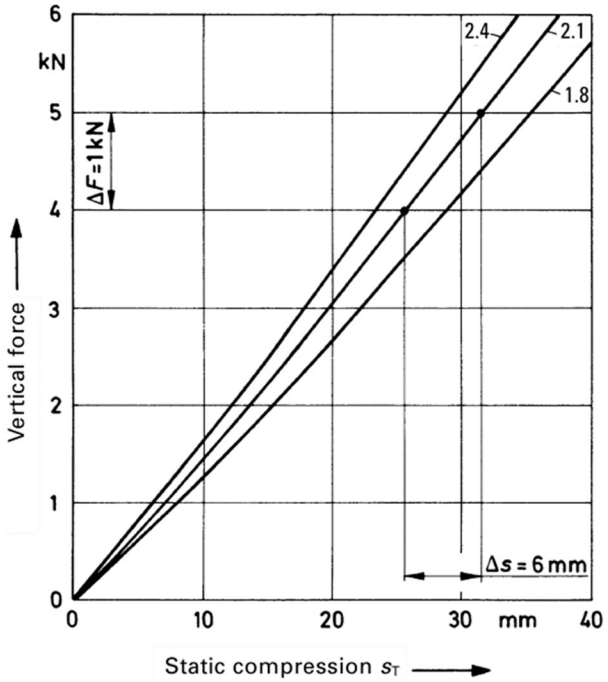


Рисунок 3 – Залежність деформації s_T шини 175/70 R 13 80 S від вертикального навантаження F на неї при різних (1,8 бар; 2,1 бар; 2,4 бар) значеннях внутрішнього тиску [1]

Figure 3 – Dependence of deformation s_T of the tire 175/70 R 13 80 S on the vertical load F at different (1.8 bar; 2.1 bar; 2.4 bar) values of internal pressure [1]

Отримані параметри шин та їх взаємодії з дорогою можуть бути використанні при математичному моделюванні руху автомобіля. Крім того, такі дані можуть бути використанні з метою побудови універсальних розрахунково-експериментальних залежностей, наприклад, для визначення радіальної c_T (табл. 1) жорсткості шин різних моделей, розмірів і типів шин в залежності від допустимого навантаження P_z [2].

Апроксимуючі залежності (табл. 1) дають можливість теоретичним шляхом визначити радіальну жорсткость шин різних моделей, розмірів і типів. Крім того теоретичним шляхом можливо визначити і розміри плями контакту між шиною та опорною поверхнею. Зокрема, площа контакту A між шиною та твердою опорною поверхнею може бути записана [3]

$$A = c \cdot l \cdot b \tag{1}$$

де c – параметр форми контакту, один;
l – довжина плями контакту, м;
b – ширина плями контакту, м.

Таблиця 1 – Апроксимуючі залежності результатів досліджень радіальної жорсткості шин [2]
Table 1 – Approximating dependencies of the results of studies of tire radial stiffness [2]

Тип шин	Залежність	Середня відносна похибка, %
Легкові радіальні шини	$c_T\left(\frac{H}{мм}\right)=1,6221\cdot P_z^{0,54438}\left(H\right)$	7
Легкові діагональні шини	$c_T\left(\frac{H}{мм}\right)=0,3311\cdot P_z^{0,7531}\left(H\right)$	14,2
Вантажні радіальні шини	$c_T\left(\frac{H}{мм}\right)=0,3240\cdot P_z^{0,7731}\left(H\right)$	6,4
Вантажні діагональні шини	$c_T\left(\frac{H}{мм}\right)=52,06\cdot P_z\ \left(кН\right)-0,84\cdot P_z^2\left(кН\right)$	4,9
Всі шини	$c_T\left(\frac{H}{мм}\right)=0,1244\cdot P_z^{0,8616}\left(H\right)$	12,1

Параметр форми контакту c для круга або еліпса становить рівним 0,785; для квадрата c = 1. Форма плями контакту між шиною та опорною поверхнею залежить від багатьох факторів: конструкції шини, внутрішнього тиску повітря в ній, навантаження на автомобільне колесо, властивостей опорної поверхні тощо. При цьому, параметр форми контакту c зазвичай між кругом та квадратом і знаходиться в інтервалі 0,8…0,9 [3].

В роботі [4], посилаючись на чисельні експериментальні дослідження визначено, що ширина b плями контакту між шиною та дорожнім одягом майже не залежить ні від навантаження на автомобільне колесо, ні від швидкості руху автомобільного транспортного засобу. При цьому вона рівна ширині бігової доріжки шини і може бути визначеною за залежністю [4]

$$b=k_b\cdot B \tag{2}$$

де k_b – коефіцієнт корекції ширини плями контакту (0,65..0,75) [4];
B – ширина профілю шини, м.

Відповідно, в роботі [4] припускається, що площа плями контакту в залежності від навантаження на колесо, змінюється тільки за рахунок зміни її довжини. Разом з тим, довжина плями контакту може бути визначеною за залежністю [5]

$$l=2\cdot k_l\sqrt{s_T\cdot\left(2\cdot r-s_T\right)} \tag{3}$$

де k_l – коефіцієнт корекції довжини плями контакту;
s_T – радіальна деформація шини, м;
r – вільний радіус колеса, м.

В роботі [5] зазначено, що коефіцієнт корекції довжини плями контакту k_l наближено рівний 0,7, а формула (3) справедлива за умови, що тиск в шині відповідає паспортним даним або відхиляється від нього не більш ніж на 20%.

Тож за рівняннями (1)-(3) теоретичним шляхом можна визначити розміри та площу контакту між шиною та твердою опорною поверхнею. При цьому, за даними [4] у режимах рівномірного руху, розгін, а також при стоянці автомобіля можна вважати, що в плямі контакту тиск розподіляється рівномірно.

Разом з тим, найбільш точний підхід до визначення параметрів автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею є стендові випробування для конкретної шини з конкретним внутрішнім тиском в ній.

Мета роботи полягає в проведені експериментальних досліджень, щодо визначення радіальної жорсткості пневматичної шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) та розмірів її плями контакту з опорною поверхнею. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні **завдання**:

– забезпечити на Стенді зміну вертикального навантаження на колесо автомобіля з шиною 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) для визначення її радіальної жорсткості;

– визначити зміну вертикальної деформації шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) в залежності від вертикального навантаження;

– забезпечити на Стенді можливість вертикального переміщення колеса автомобіля до його відриву від опорної поверхні з подальшим поновленням його контакту;

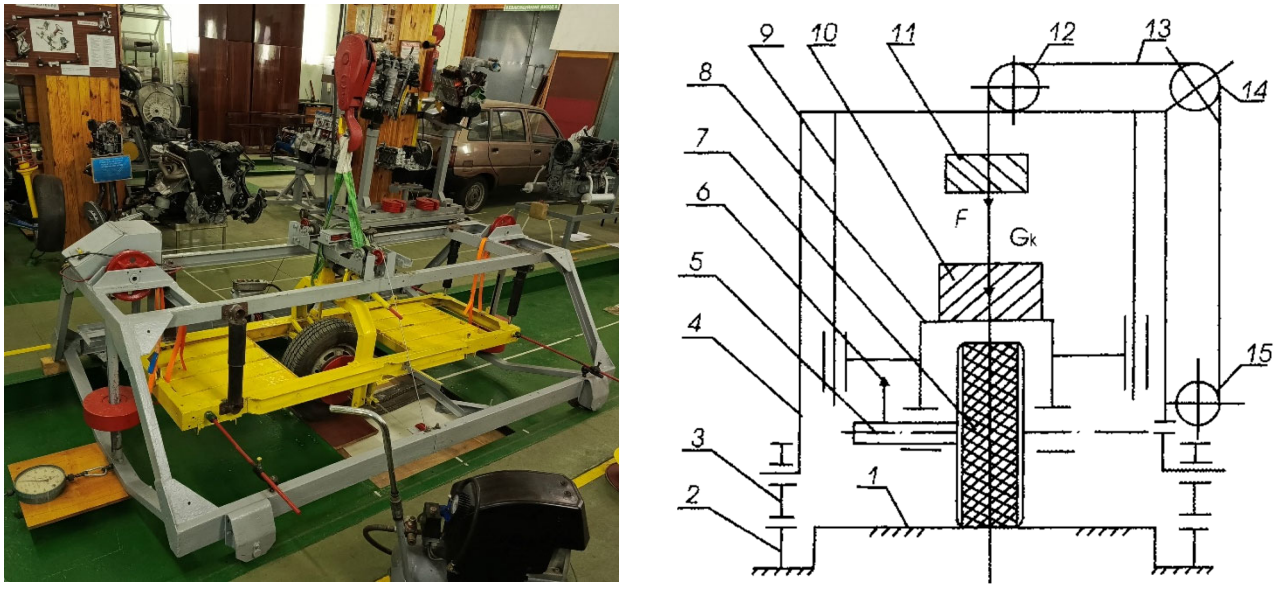
– забезпечити можливість збереження результату експериментальних досліджень щодо визначення геометричних параметрів плями контакту між шиною та опорною поверхнею;

– провести порівняльний аналіз експериментальних і теоретичних досліджень щодо визначення радіальної жорсткості шини та геометричних параметрів її плями контакту.

Основна частина дослідження. В лабораторії кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету є стенд для дослідження кочення коліс з бічним відведенням (далі за текстом –«Стенд») (рис. 4, а). Стенд складається з рами 4 (рис. 4,б), вантажної платформи 8, колеса 7, рухомої осі колеса 5, яка має можливість переміщуватися в поперечному напрямку, сталевих канатів 13, блоків 12, 14, 15, вантажу 11, що створюють бічну силу на колесо, і вантажу 10, що створюють вертикальне навантаження. Варто зазначити, що Стенд має можливість вертикального переміщення вантажної платформи 8 по вертикальним напрямним 9, а також переміщення вздовж опорної поверхні 1 на роликах 3 по швелерах 2. Рухома вісь 5 колеса 7 має можливість переміщення разом із колесом в поперечному напрямку по рухомим напрямним Стенду [6].

На Стенді (рис. 4) проведено експериментальні дослідження щодо визначення радіальної жорсткості c_T шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) та розмірів плями її контакту з опорною поверхнею.

Вертикальне навантаження F забезпечувалось масою самої платформи (110 кг) і вісьма зйомними вантажами по 30 кг кожний (рис. 4, а) (вертикальне навантаження F змінювалось з кроком в 588,6 Н від 1079,1 Н до 3433,5 Н). За результатами отриманих експериментальних даних було нанесено точки на поле графіка щодо залежності деформації шини s_T від вертикального навантаження F на неї, побудовано апроксимуючу зазначеної графічної залежності (суцільна пряма) (рис. 5).



(а) (б)

Рисунок 4 – Загальний вигляд Стенду (а) та його кінематична схема (б)

Figure 4 – General view of the Stand (a) and its kinematic scheme (b)

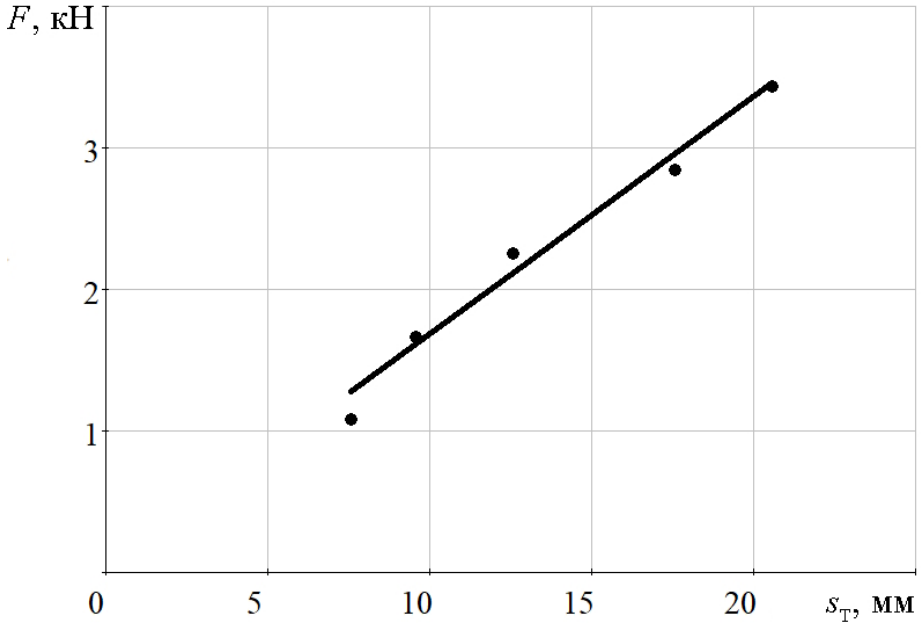


Рисунок 5 – Залежність деформації s_T шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) від вертикального навантаження F

Figure 5 – Dependence of deformation s_T of the tire 175/70 R 13 82 T (internal pressure 0.2 MPa) on the vertical load F

Відрив автомобільного колеса від опорної поверхні та поновлення його контакту (передбачено програмою випробувань) забезпечувалось із залученням тельферу (рис. 6, а). Для визначення розмірів плями контакту між шиною та опорною поверхнею розміщено чорний копіювальний папір, а на шину нанесено крейду (рис. 6, б). Зміна деформації шини визначалась за допомогою кутника (рис. 6, в).



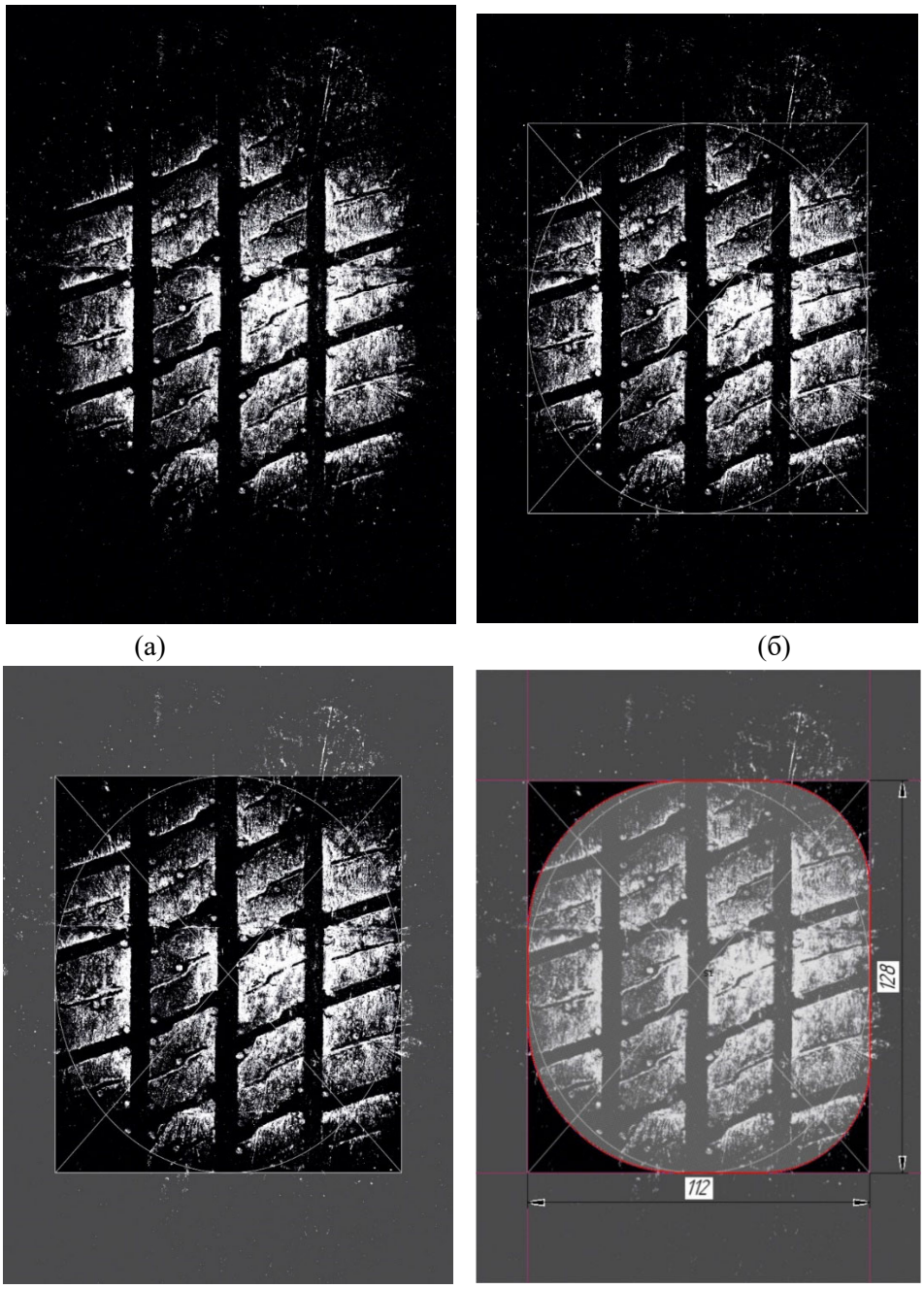
(а) (б) (в)

Рисунок 6 – До забезпечення відриву колеса від опорної поверхні (а), визначення розмірів плями контакту (б) та вертикальної деформації шини (в)

Figure 6 – To ensure the separation of the wheel from the bearing surface (a), determining the dimensions of the contact patch (b) and the vertical deformation of the tire (c)

Випробування щодо визначення розмірів плями контакту проводилось при вертикальному навантажені 2256 Н, що забезпечувалось масою самої платформи (110 кг) і чотирма вантажами по 30 кг (разом з вантажною платформою 230 кг). Результати випробування відображено на рисунку 7.

За результатами експериментальних випробувань визначено, що радіальна жорсткість c_T шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) становить 168 Н/мм (рис. 5), довжина плями контакту l становить 128 мм, її ширина b – 112 мм (рис. 6), площа контакту A – 12683 мм^2 (вертикальне навантаження 2256 Н). Результати порівняння експериментальних даних (рис. 5), (рис. 7) з теоретичними, що визначені за залежностями (табл. 1) та (1)-(3), зведено до таблиці 2.



(а) (б)

(в) (г)

Рисунок 7 – Пляма контакту між шиною 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) та опорною поверхнею (вертикальне навантаження 2256 Н) (а) з нанесеними прямокутними та овальними контурами (б), з виділеною зоною контакту (в) та контуром плями контакту (г)

Figure 7 – Contact patch between the 175/70 R 13 82 T tire (internal pressure 0.2 MPa) and the bearing surface (vertical load 2256 N (a) with applied rectangular and oval contours (b), with a highlighted contact zone (c) and contour of the contact spot (d)

Таблиця 2 – Порівняння результатів експериментальних і теоретичних досліджень
Table 2 – Comparison of the experimental and theoretical research results

Позначення, найменування параметру, одиниці вимірювання	Значення		Розбіжність	
	експериментальне	теоретичне	абсолютна	відносна, %
c_T, радіальна жорсткість, Н/мм	168	161*	7	4
A, площа плями контакту, мм^2	12683	12443**	240	2
b, ширина плями контакту, мм	112	114***	2	2
l ,довжина плями контакту, мм	128	122****	6	5

* – розрахунок по апроксимуючій залежності з таблиці 1 для легкових радіальних шин;
** – параметр форми контакту c прийнятий рівним 0,90;
*** – коефіцієнт корекції ширини плями контакту k_b прийнятий рівним 0,65;
**** – коефіцієнт корекції довжини плями контакту k_l прийнятий рівним 0,70.

За даними з роботи [1] (рис. 3) радіальна жорсткість c_T шини 175/70 R 13 80 S з внутрішнім тиском 0,21 МПа становить 167 Н/мм. Абсолютна розбіжність між цими даними [1] і отриманими на Стенді (рис. 3) становить 1 Н/мм, відносна розбіжність – менше 1%.

Висновки. Проведені стендові експериментальні дослідження, щодо визначення радіальної жорсткості пневматичної шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) та розмірів її плями контакту (вертикальне навантаження 2256 Н) з опорною поверхнею. Вертикальне навантаження на колесо забезпечувалось масою самої платформи Стенда (110 кг) і вісьма зйомними вантажами по 30 кг кожний (вертикальне навантаження F змінювалось з кроком в 588,6 Н від 1079,1 Н до 3433,5 Н). Відрив автомобільного колеса від опорної поверхні та поновлення його контакту (передбачено програмою випробувань) забезпечувалось із залученням тельферу. Для визначення розмірів плями контакту між шиною та опорною поверхнею розміщено чорний копіювальний папір, а на шину нанесено крейду. Зміна вертикальної деформації шини визначалась за допомогою кутника. За результатами експериментальних випробувань на стенді визначено, що радіальна жорсткість шини 175/70 R 13 82 T становить 168 Н/мм, довжина плями контакту становить 128 мм, її ширина b – 112 мм, площа контакту A – 12683 мм^2. За результатами порівняльного аналізу експериментальних і теоретичних досліджень щодо визначення радіальної жорсткості шини та геометричних параметрів її плями контакту, встановлено, що відносна розбіжність не перевищує 5%.

Перелік посилань

1. Jörnsen R., Helmut S., Jürgen W. B. The Automotive Chassis: Engineering Principles. – Oxford: Butterworth-Heinemann Elsevier Science, 2001. 460 p.

2. Розробка та реалізація методу визначення розрахункових залежностей для радіальної та бічної жорсткостей автомобільних шин / Балакина К. В. та ін. *Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування*: Наук. пр. міжнар. науково-практ. конф. присвяч. 90-

річчю Харків. автомоб.-дорож. ун-ту та 90-річчю автомоб. ф-ту, м. Харків, 16 – 18 верес. 2020 р. Харків, 2020. С. 229–231.

3. Saarilahti M. Survey on Tyre Contact Area and Ground Pressure Models for Studying the Mobility of Forest Tractors: Project Deliverable D2 (Work Package No.1) on Soil Interaction Model. University of Helsinki, 2002. 40 p.

4. Богомолов В.О. Розрахунковий розподіл тисків у плямі контакту шини з поверхнею дорожнього одягу // *Вісник ХНАДУ*. Харків, 2016. № 72. С. 143–150.

5. The Calculation Method of the Length of Contact of Car Tires with the Road Surface / E. V. Balakina et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 632. P. 012022.

6. Костенко А. В. Прогнозування показників курсової стійкості легкового автомобіля з урахуванням розкиду жорсткісних характеристик шин : дис. … канд. техн. наук : 05.22.02. Київ, 2007. 168 с.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE RADIAL STIFFNESS OF A PNEUMATIC TIRE AND THE SIZE OF ITS CONTACT PATCH WITH THE BEARING SURFACE

Ivanushko Oleksandr M., Ph.D, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of motor vehicle maintenance and service, e-mail: oleksandr.ivanushko@gmail.com tel.: +380969298556, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str., 1, https://orcid.org/0000-0003-3759-5856

Razboinikov Oleksandr O., Ph.D (Candidate of Technical Sciences), National Transport University, Associate Professor of Department of Automobiles, e-mail: razboyn1k@ukr.net, tel.: +380972214790, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str., 1, https://orcid.org/0000-0003-3024-0999

Klochan Arsen Ye., Ph.D, Associate Professor of the Department of Information Analysis and Information Security, National Transport University, e-mail: varsenchuk@gmail.com, tel.: +380683528126, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str., 1, https://orcid.org/0000-0002-4225-9382

Davydenko Oleksandr O., Ph.D (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Bridges, Tunnels and Hydrotechnical Structures, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str., 1, e-mail: oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua, tel.: +380504713399, http://orcid.org/0000-0003-0176-3256

Abstract. The parameters of a car wheel and its pneumatic tire, in particular, significantly affect both the dynamics of the vehicle and the nature of its interaction with the road surface. This is explained by the fact that the pneumatic tire of a car wheel is the final element of the car structure which directly interacts with the road surface and transfers all forces and moments (acting in the contact patch with the bearing surface) to its suspension and steering. So, on the one hand, the parameters of the interaction of the car wheel with the bearing surface largely determine the controllability and stability of the car, the passability and smoothness of the ride, the fuel economy and the efficiency of the vehicle use in general, etc.; on the other hand, the level of negative impact of the vehicle on the road surface. Accordingly, the parameters of the car wheel and its interaction with the bearing surface are necessary both in the study of the movement of motor vehicles and in the calculation of road wear. This article presents the results of experimental studies on the determination of the radial stiffness of the pneumatic tire 175/70 R 13 82 T (internal pressure 0.2 MPa) and the size of its contact spot with the support surface at different values of the vertical load on the car wheel. The presented research was carried out within the framework of the project "Development of a load model based on the actual parameters of heavy-

duty rolling stock to determine the load-carrying capacity of road bridges during their restoration and operation in the war and post-war periods" under the competition "Science for the reconstruction of Ukraine in the war and post-war periods" the grant support account of the National Research Fund of Ukraine.

Keywords: car wheel, pneumatic tire, tire radial stiffness, contact patch between the tire and the supporting surface, road surface, bridge crossing.

References

1. Jörnsen R., Helmut S., Jürgen W. B. The Automotive Chassis: Engineering Principles. – Oxford: Butterworth-Heinemann Elsevier Science, 2001. 460 p.

2. Development and Implementation of a Method for Determining the Design Dependencies for the Radial and Lateral Stiffness of Automobile Tires / Balakina K. V. et al. *Modern Trends in the Development of Road Transport and Branch Engineering:* Proc. of the International Scientific-Practical Conf. Devoted to the 90th anniversary of Kharkiv Automobile Industry. 90th anniversary of Kharkiv Automobile and Highway University and 90th anniversary of the Faculty of Automobile, Kharkiv, September 16-18. 2020 Kharkiv, 2020. C. 229-231. [in Ukrainian]

3. Saarilahti M. Survey on Tyre Contact Area and Ground Pressure Models for Studying the Mobility of Forest Tractors: Project Deliverable D2 (Work Package No.1) on Soil Interaction Model. University of Helsinki, 2002. 40 p.

4. Bogomolov V.O. Calculated Distribution of Pressures in the Tire Contact Patch with the Pavement Surface // *KhNADU Bulletin*. Kharkiv, 2016. № 72. C. 143-150. [in Ukrainian]

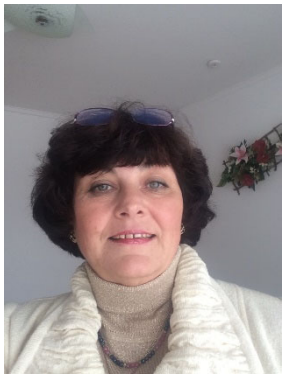
5. The Calculation Method of the Length of Contact of Car Tires with the Road Surface / E. V. Balakina et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 632. P. 012022.

6. Kostenko A. V. Prediction of Indicators of Directional Stability of a Passenger Car Taking into account the Scatter of tire Stiffness Characteristics: Candidate of Technical Sciences (PhD): 05.22.02. Kyiv, 2007. 168 p. [in Ukrainian]

УДК 330.34 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-218-225**
UDC 330.34

СЕСТЕЙНІЗАЦІЯ В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ: ШЛЯХ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ

SESTAINIZATION IN THE TRANSPORT INDUSTRY: THE WAY TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENTERPRISES



Гречан Алла Павлівна, *доктор економічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри економіки, e-mail: Grechan.ap@gmail.com, тел.+380442803016, Україна, м.Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 313,*

https://orcid.org/0000-0003-3984-9952



Сахацький Данило Станіславович*, аспірант, Національний транспортний університет, e-mail: sdanilo@yahoo.com, тел.+380442803016, Україна, м.Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к 313,*

https://orcid.org/0009-0009-5314-6613

Анотація. В статті розглядаються ключові аспекти впровадження принципів сталого розвитку в транспортний комплекс, що є важливим чинником економічного зростання та екологічної відповідальності. З позиції системного підходу досліджуються процеси трансформації транспортних підприємств шляхом інтеграції екологічних, соціальних та економічних принципів сталого розвитку. Особлива увага приділяється впливу інноваційних технологій на ефективність використання ресурсів, скорочення викидів парникових газів і зменшення впливу транспорту на довкілля.

Наведено приклади впровадження практик екологічно безпечних рішень у різних сегментах транспортної інфраструктури, включаючи автомобільний, залізничний, авіаційний та водний транспорт, особлива увага приділена аналізу ролі державної політики та регуляторних механізмів у стимулюванні процесів сестейнізації, зокрема через розвиток «зелених» технологій, стандартизацію екологічних вимог до транспорту і заохочення підприємств до впровадження екологічних ініціатив. Окремо висвітлюються питання корпоративної соціальної відповідальності, які стають невід'ємною частиною сучасної транспортної діяльності.

Сестейнізація транспорту розглядається як багатокомпонентний процес, який охоплює не тільки модернізацію технологій, але й зміни в бізнес-моделях, спрямованих на забезпечення довгострокової економічної стабільності. Впровадження концепції «зеленої» логістики, розвиток електромобільності,

підвищення енергоефективності транспорту та впровадження систем розумного управління трафіком визначаються як основні напрями сталого розвитку транспортних підприємств.

Зроблено висновок, що сестейнізація транспортної галузі є не лише обов'язковою умовою для зменшення екологічного навантаження на довкілля, але й важливим інструментом для підвищення конкурентоспроможності та інноваційного потенціалу підприємств. У статті підкреслюється, що впровадження сталих практик в транспортній сфері сприяє не тільки покращенню екологічної ситуації, але й створенню нових економічних можливостей через зменшення витрат на енергоресурси та підвищення операційної ефективності.

Ключові слова: сестейнізація, сталий розвиток, транспортна галузь, екологічна відповідальність, зелені технології, енергоефективність, зелена логістика, корпоративна соціальна відповідальність, інноваційні технології, транспортна інфраструктура.

Вступ. Постановка проблеми. Сучасний світ стикається з глобальними викликами, такими як зміни клімату, виснаження природних ресурсів та забруднення навколишнього середовища. Однією з найбільш значущих галузей, що впливає на екологічний стан планети, є транспортна сфера. Традиційні транспортні системи базуються на використанні викопного палива, що спричиняє значні викиди парникових газів і негативно впливає на екосистеми. Водночас, зростання міст та попит на перевезення лише посилюють цей вплив. Одним із ключових підходів до розв'язання глобальних екологічних і соціальних викликів є сестейнізація.

Сестейнізація (англ. Sustainability - сталість) — це процес інтеграції принципів сталого розвитку в різні сфери діяльності, такі як економіка, бізнес, освіта, урядування тощо. [1] Мета сестейнізації полягає у створенні умов для збереження природних ресурсів, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення високої якості життя для теперішніх і майбутніх поколінь. Отже, з економічного аспекту, це процес інтеграції принципів сталого розвитку у стратегії та операційну діяльність підприємств, що включає екологічну, економічну та соціальну складові, і який передбачає впровадження стратегій та рішень, які дозволять знизити негативний вплив на довкілля, підвищити енергоефективність та забезпечити соціальну відповідальність підприємств.

Для транспортних підприємств сестейнізація стає не лише необхідністю для адаптації до нових викликів, але й можливістю поліпшити свою ефективність та конкурентоспроможність. Основною проблемою є те, що більшість транспортних підприємств ще не до кінця адаптувалися до вимог сталого розвитку, що призводить до високого рівня викидів вуглекислого газу, нераціонального використання енергоресурсів та зниження ефективності. Транспортна галузь залишається одним із найбільших забруднювачів атмосфери, що негативно впливає на екологію і здоров'я населення. Тому підприємства перебувають перед необхідністю зміни своїх бізнес-моделей у бік більш екологічно відповідальних та стійких рішень. Проте, на шляху до цього постає низка викликів: високі витрати на впровадження інноваційних технологій, необхідність змін у нормативно-правовій базі, а також обмеженість ресурсів для реалізації «зелених» проєктів. Водночас глобальна економіка вимагає від підприємств швидкої адаптації до екологічних стандартів, що потребує значних інвестицій, технологічних інновацій та підтримки з боку держави.

Брак цілісного підходу до сестейнізації призводить до неефективного використання ресурсів та недостатньої інтеграції сталих принципів у діяльність підприємств. Це створює потребу у глибшому вивченні можливостей і бар'єрів на шляху до сталого розвитку транспортної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій у сфері сестейнізації транспортної галузі показує, що дедалі більше уваги науковцями приділяється впливу транспорту на навколишнє середовище та необхідності його трансформації в напрямку сталого розвитку. Наукові роботи зосереджені на впровадженні «зелених» технологій, які спрямовані на зниження викидів парникових газів і підвищення енергоефективності транспортних систем [2, 3]. Зокрема, дослідження щодо розвитку електромобільності, водневих двигунів та альтернативних видів палива набирають популярності серед вчених і фахівців галузі [4, 5]. Окремі дослідження

зосереджуються на розробці нових стандартів та регуляторних механізмів, які сприяють екологічно безпечним рішенням в інфраструктурі та експлуатації транспорту [6].

Публікації також відзначають важливість інтеграції концепції сталого розвитку у стратегічні плани транспортних підприємств. У цьому контексті активно досліджуються питання корпоративної соціальної відповідальності та розвитку «зеленої» логістики як одного з ключових елементів сталого управління [7]. Крім того, багато робіт акцентують увагу на тому, що впровадження сучасних технологій, таких як інтелектуальні транспортні системи та автоматизація управління трафіком, є невід'ємною частиною процесу сестейнізації [8, 9, 10]. Таким чином, наукова спільнота робить значний внесок у розвиток методів і практик, які допомагають транспортним підприємствам досягати екологічної та економічної стійкості.

Мета статті — аналіз процесу впровадження принципів сталого розвитку в транспортній сфері та визначенні шляхів оптимізації діяльності підприємств для зниження екологічного впливу, підвищення ефективності використання ресурсів і забезпечення економічної та соціальної стійкості.

Виклад основного матеріалу. Транспорт є однією з найважливіших інфраструктурних галузей, що забезпечує мобільність людей і товарів, сприяє економічному зростанню та глобальній інтеграції. Проте саме транспортна галузь значно впливає на довкілля через викиди вуглекислого газу, забруднення повітря та споживання енергоресурсів. Згідно зі звітами Міжнародного енергетичного агентства (IEA) [11], транспорт відповідає за близько 24% світових викидів CO_2, і ця цифра продовжує зростати. Сестейнізація транспортної галузі має на меті зменшення цього негативного впливу через впровадження екологічно чистих технологій, ефективне використання ресурсів та оптимізацію логістичних процесів. Для цього підприємства транспорту можуть застосовувати різні інноваційні рішення, включаючи електрифікацію автопарків, впровадження відновлюваних джерел енергії та цифровізацію управління перевезеннями для зменшення викидів. Базовим підґрунтям забезпечення ефективності зазначених процесів є дотримання основних принципів сестейнізації:

-екологічна стійкість - захист довкілля, зменшення викидів парникових газів, використання відновлюваних ресурсів;

-економічна стійкість - ефективне використання ресурсів для забезпечення тривалого економічного зростання без шкоди для майбутніх поколінь;

-соціальна стійкість - рівний доступ до ресурсів і можливостей, покращення умов життя та соціальної справедливості.

Ключову роль у підвищенні ефективності використання ресурсів у транспортній галузі, сприяючи значному скороченню викидів парникових газів і зменшенню негативного впливу транспорту на довкілля, відіграють інноваційні технології. Зокрема, впровадження електротранспорту, гібридних систем і використання відновлюваних джерел енергії дозволяють зменшити залежність від викопного палива та знизити рівень забруднення атмосфери. Автоматизація процесів, цифрові рішення для оптимізації маршрутів і управління логістикою також сприяють зменшенню витрат енергії та ресурсів, підвищуючи загальну ефективність транспортних систем. Завдяки цьому транспортні підприємства можуть не лише знизити операційні витрати, а й зробити свій внесок у боротьбу зі змінами клімату.

У різних сегментах транспортної інфраструктури впроваджуються різні екологічно безпечні рішення, що сприяють зменшенню негативного впливу на довкілля (табл.1)

Критичну роль у стимулюванні процесів сестейнізації транспортної галузі, зокрема через підтримку розвитку «зелених» технологій, впровадження стандартів екологічних вимог і заохочення підприємств до екологічних ініціатив, відіграють державна політика та регуляторні механізми

По-перше, держава надає фінансову підтримку та створює стимули для розвитку інноваційних екологічних рішень, таких як субсидії та гранти на дослідження і впровадження чистих технологій у транспорті. Наприклад, уряди багатьох країн пропонують фінансові пільги для виробників і покупців

електромобілів або ж знижують податки для підприємств, що інвестують у відновлювані джерела енергії.

По-друге, регуляторні механізми, такі як стандартизація екологічних вимог, забезпечують правові рамки для зменшення негативного впливу транспорту на довкілля. Це включає впровадження жорсткіших норм щодо викидів парникових газів і забруднюючих речовин для транспортних засобів, розвиток «зелених» стандартів для інфраструктури та вимоги до енергоефективності транспортних підприємств. Наприклад, Європейський Союз розробив нормативи, які поступово знижують дозволені рівні викидів CO_2 для нових автомобілів, що стимулює виробників переходити на чистіші технології. Також 18 січня 2024 року Рада ЄС та Європейський Парламент досягли попередньої політичної угоди щодо норми викидів CO_2 для великовантажних транспортних засобів. Мета полягає в тому, щоб і надалі зменшити викиди CO_2 у сфері автомобільного транспорту та запровадити нові цілі на 2030, 2035 та 2040 роки.[12]

Таблиця 1 **–** Приклади впровадження практик екологічно безпечних рішень у різних сегментах транспортної інфраструктури

Table 1 **–** Examples of implementation of practices of environmentally safe solutions in various segments of transport infrastructure

№ з/п	Вид транспорту	Напрями впровадження екологічно безпечних рішень
1.	Автомобільний транспорт	Масове впровадження електромобілів та гібридних автомобілів допомагає зменшити використання викопного палива та скоротити викиди CO_2. Активно використовуються технології рекуперації енергії при гальмуванні, розвиток інфраструктури для зарядки електромобілів, а також автономні транспортні засоби, що оптимізують маршрути та зменшують споживання палива.
2.	Залізничний транспорт	Впровадження електрифікованих залізниць, особливо для пасажирських та вантажних перевезень, є важливим кроком у зниженні викидів парникових газів. У деяких країнах використовуються поїзди на водневих паливних елементах, які не продукують викидів CO_2, а також технології для зниження енергоспоживання поїздів через регенерацію енергії.
3.	Авіаційний транспорт	В авіації розвиваються проекти з впровадження біопалива та синтетичних видів палива, які значно зменшують вуглецевий слід. Нові аеродинамічні конструкції літаків, полегшені матеріали і вдосконалені двигуни зменшують споживання палива, що призводить до зниження викидів. Крім того, авіакомпанії впроваджують цифрові технології для оптимізації маршрутів і зменшення витрат палива.
4.	Водний транспорт	Сучасні судна використовують гібридні або електричні силові установки, які зменшують викиди шкідливих речовин у морській і річковій інфраструктурі. Також застосовуються системи очищення викидів, використання відновлюваних джерел енергії, таких як вітрові або сонячні установки для часткового живлення кораблів, що сприяє зменшенню залежності від традиційних видів палива.

Крім того, держава стимулює впровадження екологічних ініціатив через механізми заохочення, такі як пільгове оподаткування або запровадження системи «зелених» сертифікатів для підприємств, які використовують екологічно безпечні технології [13]. Подібні програми заохочу.nm бізнес до впровадження екологічних заходів, підвищувати інвестиційну привабливість «зелених» проєктів і стимулювати розвиток екологічно орієнтованого ринку послуг. Отже, держава не лише регулює процес сестейнізації через

законодавчі акти та екологічні стандарти, а й активно стимулює розвиток «зелених» технологій та екологічних ініціатив, сприяючи зменшенню впливу транспорту на довкілля і формуванню сталого економічного розвитку транспортної галузі.

Важливим кроком на шляху до сталого розвитку транспортних підприємств є впровадження комплексної стратегії сестейнізації, що охоплює кілька напрямів:

1. Екологічна ефективність.

Активне інвестування у нові технології та обладнання, що сприяють зменшенню впливу на навколишнє середовище. Наприклад, заміна старих транспортних засобів на електричні або гібридні автомобілі, використання альтернативних видів палива (біогаз, водень), а також впровадження енергоощадних рішень, таких як системи управління енергією та зниження споживання пального.

2. Цифровізація та оптимізація процесів.

Впровадження цифрових технологій значно покращує управління логістичними ланцюгами, скорочує витрати на перевезення і зменшує викиди шкідливих речовин. Системи моніторингу та аналізу даних допомагають оптимізувати маршрути, покращують обслуговування клієнтів і підвищують ефективність використання транспорту.

3. Соціальна відповідальність.

У межах сестейнізації важливою складовою є соціальні аспекти. Сучасні підприємства дбають не лише про екологічні показники, але й про умови праці співробітників, їхню безпеку та добробут. Крім того, сприяння розвитку місцевих громад, співпраця з органами влади та зацікавленими сторонами створюють позитивний соціальний імідж компаній.

Необхідно зауважити, що сестейнізація транспорту не обмежується лише екологічними цілями, вона також стає важливим інструментом для підвищення конкурентоспроможності та інноваційного потенціалу підприємств. Компанії, які впроваджують екологічно відповідальні практики, отримують перевагу на ринку завдяки зростанню попиту на екологічні продукти та послуги. Це пояснюється тим, що впровадження інноваційних технологій дозволяє підприємствам знижувати операційні витрати, підвищувати ефективність і відповідати вимогам регуляторних органів. Крім того, участь у "зелених" ініціативах та екологічна відповідальність сприяють зміцненню репутації компанії, залученню інвестицій і створенню нових можливостей для розвитку на міжнародних ринках.

Але, незважаючи на значні переваги, підприємства транспортної галузі стикаються з низкою викликів на шляху до сестейнізації. Основними з них є висока вартість інноваційних технологій, потреба в масштабних інвестиціях, а також брак регуляторної підтримки на ранніх етапах впровадження змін. Крім того, підприємства часто стикаються з опором змін з боку співробітників та партнерів через необхідність перебудови процесів та навчання.

Однак довгострокові вигоди сестейнізації значно перевищують короткострокові витрати. Уряди багатьох країн вже почали активно стимулювати сталий розвиток у транспортному секторі через гранти, податкові пільги та інвестиційні програми. Також на глобальному рівні зростає попит на екологічні рішення від споживачів, що відкриває нові можливості для розвитку та підвищення конкурентоспроможності.

Висновки. Сестейнізація в транспортній галузі є ключовим шляхом до сталого розвитку підприємств, забезпечуючи екологічну відповідальність, економічну ефективність і соціальну відповідальність. Інтеграція принципів сталого розвитку у стратегії підприємств транспорту дозволяє не лише знизити негативний вплив на довкілля, але й покращити ефективність їхньої діяльності, підвищити конкурентоспроможність та створити умови для довгострокового зростання. Впровадження сучасних технологій, оптимізація процесів та зосередження на соціальній відповідальності допоможуть підприємствам адаптуватися до нових вимог ринку і сприяти глобальному екологічному переходу.

Перелік посилань

1.Халіна В.Ю., Бугай В.С. Механізм адаптивного розвитку соціально-економічних систем на засадах сестейновості. *Ефективна економіка*. 2019. № 5. – URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7073 (дата звернення: 29.09.2024).

2.Букреєва Д., Коваленко Т., Манукян А. «Зелені» стратегії для сталого розвитку підприємства та підвищення ефективності його діяльності. *Економіка та суспільство*, вип.56, 2023. Режим доступу: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3079/3002

3.Поручинська І.В. Впровадження «зеленої» логістики на автомобільному транспорті: зарубіжний досвід. Матеріали XV міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту». Режим доступу: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/116.pdf

4. Турлікян Т. Корисний досвід: як уряди різних країн підтримують ринок електромобілів Режим доступу: http://ecotown.com.ua/news/Korysnyy-dosvid-yak-uryady-riznykh-krayin-pidtrymuyut-rynok-elektromobiliv-/.

5. Діканов Ю.А. Теоретичні аспекти інфраструктури природокористування як підгрунтя процесу ресурсозбереження. Збірник наукових праць ЧДТУ, Випуск 54, 2019. С.25-34 Режим доступу: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1630/1/6.pdf

6. Реалізація європейського зеленого курсу в транспорті та формування сталої мобільності. Режим доступу: https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/07/ZK-Realizatsiya-YEvropey-skogo-zelenogo-kursu-v-transporti-ta-formuvannya-staloi-mobilnosti.pdf

7.Кобилинська Т. Світовий досвід статистичного оцінювання ефективності «зеленої» логістики. Проблеми економіки. 2019. No 4 (42), С. 209–214.

8. Сучасні тренди економічного розвитку: Досвід ЄС та практика України: підручник / за ред Л.Г. Мельника. Суми: ПФ «Видавництво «Університетська книга»», 2021. 432с.»

9. Катерна О.К. Інтелектуалізація транспортно-логістичної діяльності в єдиному інформаційному просторі. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Логістика. 2014. № 811. С. 150-156. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPL_2014_811_24(дата звернення 05.04.2021).

10. Орда О. О. Дослідження процесу інтелектуалізації транспорту при організації міських мультимодальних пасажирських перевезень. Зб. матеріалів 85-ї наук.-техн.та наук.-метод. конф. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-ту. Харків, 2021. С. 22—23. Режим доступу: https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/4694

11. International Energy Agency World Energy Outlook 2022 Режим доступу: https://iea.blob.core.windows.net/assets/c282400e-00b0-4edf-9a8e-6f2ca6536ec8/WorldEnergyOutlook2022.pdf

12. Зелена трансформація України. Інформаційний ресурс про Європейський курс і Україну https://greentransform.org.ua/yak-yes-znyzhuye-vykydy-co2-vid-velykovantazhnyh-transportnyh-zasobiv/

13. Асоціація міжнародних автомобільних перевізників України. Офіційний сайт http://www.asmap.org.ua/index1.php?idt=68594

SESTAINIZATION IN THE TRANSPORT INDUSTRY: THE WAY TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENTERPRISES

Grechan Alla P., Doctor of Economics, National Transport University, Kyiv, Ukraine, Grechan.ap@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-3984-9952

Sakhatskyi Danylo S. Graduate student of the Department of Economics of the Faculty of Economics and Law, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: sdanilo@yahoo.com, https://orcid.org/0009-0009-5314-6613

Abstract. The article considers the key aspects of the implementation of the principles of sustainable development in the transport industry, which is an important factor in economic growth and environmental responsibility. From the standpoint of a systemic approach, the processes of transformation of transport

enterprises are investigated through the integration of ecological, social and economic principles of sustainable development. Special attention is paid to the impact of innovative technologies on the efficiency of resource use, reduction of greenhouse gas emissions, and reduction of the impact of transport on the environment.

Examples of the implementation of practices of environmentally safe solutions in various segments of transport infrastructure, including road, railway, aviation and water transport, are given, special attention is paid to the analysis of the role of state policy and regulatory mechanisms in stimulating sestainization processes, in particular through the development of "green" technologies, standardization of environmental requirements for transport and encouraging enterprises to implement environmental initiatives. Issues of corporate social responsibility, which are becoming an integral part of modern transport activities, are highlighted separately.

Sestainization of transport is considered as a multi-component process that covers not only the modernization of technologies, but also changes in business models aimed at ensuring long-term economic stability. Implementation of the concept of "green" logistics, development of electric mobility, improvement of energy efficiency of transport and implementation of intelligent traffic management systems are defined as the main areas of sustainable development of transport enterprises.

It was concluded that sesteinization of the transport industry is not only a necessary condition for reducing the ecological load on the environment, but also an important tool for increasing the competitiveness and innovative potential of enterprises. The article emphasizes that the implementation of sustainable practices in the transport sector contributes not only to the improvement of the environmental situation, but also to the creation of new economic opportunities through the reduction of energy costs and the improvement of operational efficiency.

Keywords: sustainability, sustainable development, transport industry, environmental responsibility, green technologies, energy efficiency, green logistics, corporate social responsibility, innovative technologies, transport infrastructure.

References

1.Khalina V.YU., Buhay V.S. Mekhanizm adaptyvnoho rozvytku sotsial′no-ekonomichnykh system na zasadakh sesteynovosti [The mechanism of adaptive development of socio-economic systems on the basis of sestainability]. Efektyvna ekonomika. 2019. № 5. [in Ukrainian]. (Last accessed: 1.09.2024)

2. Bukreyeva D., Kovalenko T., Manukyan A. «Zeleni» stratehiyi dlya staloho rozvytku pidpryyemstva ta pidvyshchennya efektyvnosti yoho diyal′nosti. [«Green» strategies for the sustainable development of the enterprise and increasing the efficiency of its activities] Ekonomika ta suspil′stvo, vyp.56, 2023. Rezhym dostupu: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3079/3002 [in Ukrainian]. (Last accessed: 1.09.2024)

3.Poruchyns′ka I.V. Vprovadzhennya «zelenoyi» lohistyky na avtomobil′nomu transporti: zarubizhnyy dosvid [Implementation of "green" logistics in road transport: foreign experience]. Materialy KHV mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya «Suchasni tekhnolohiyi ta perspektyvy rozvytku avtomobil′noho transportu». Rezhym dostupu: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/116.pdf [in Ukrainian]. (Last accessed: 20.08.2024)

4. Turlikyan T. Korysnyy dosvid: yak uryady riznykh krayin pidtrymuyut′ rynok elektromobiliv [Useful experience: how governments of different countries support the electric car market] Rezhym dostupu: http://ecotown.com.ua/news/Korysnyy-dosvid-yak-uryady-riznykh-krayin-pidtrymuyut-rynok-elektromobiliv-/. [in Ukrainian]. (Last accessed: 20.08.2024)

5. Dikanov Y.A. Teoretychni aspekty infrastruktury pryrodokorystuvannya yak pidhruntya protsesu resursozberezhennya [Theoretical aspects of the infrastructure of nature use as the basis of the resource conservation process]. Zbirnyk naukovykh prats′ CHDTU, Vypusk 54, 2019. S.25-34 Rezhym dostupu: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1630/1/6.pdf [in Ukrainian]. (Last accessed: 20.08.2024)

6. Realizatsiya yevropeys′koho zelenoho kursu v transporti ta formuvannya staloyi mobil′nosti [Implementation of the European green course in transport and formation of sustainable mobility]. Rezhym

dostupu: https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/07/ZK-Realizatsiya-YEvropey-skogo-zelenogo-kursu-v-transporti-ta-formuvannya-staloi-mobilnosti.pdf [in Ukrainian]. (Last accessed: 21.08.2024)

7. Kobylyns′ka T. Svitovyy dosvid statystychnoho otsinyuvannya efektyvnosti «zelenoyi» lohistyky [World experience of statistical evaluation of the effectiveness of "green" logistics]. Problemy ekonomiky. 2019. No 4 (42), S. 209–214. [in Ukrainian]. (Last accessed: 10.08.2024)

8. Suchasni trendy ekonomichnoho rozvytku: Dosvid YES ta praktyka Ukrayiny: pidruchnyk [Modern trends of economic development: EU experience and Ukrainian practice: textbook] / za red L.H. Mel′nyka. Sumy: PF «Vydavnytstvo «Universytet·s′ka knyha»», 2021. 432s. [in Ukrainian]

9. Katerna O.K. Intelektualizatsiya transportno-lohistychnoyi diyal′nosti v yedynomu informatsiynomu prostori [Intellectualization of transport and logistics activities in a single information space]. Visnyk Natsional′noho universytetu "L′vivs′ka politekhnika". Lohistyka. 2014. № 811. S. 150-156. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPL_2014_811_24 [in Ukrainian]. (Last accessed: 21.08.2024)

10. Orda O.O. Doslidzhennya protsesu intelektualizatsiyi transportu pry orhanizatsiyi mis′kykh mul′tymodal′nykh pasazhyrs′kykh perevezen′ [Study of the process of intellectualization of transport in the organization of urban multimodal passenger transportation]. Zb. materialiv 85-yi nauk.-tekhn.ta nauk.-metod. konf. Kharkiv. nats. avtomob.-dor. un-tu. Kharkiv, 2021. S. 22—23.: https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/4694 [in Ukrainian]. (Last accessed: 21.08.2024)

11. International Energy Agency World Energy Outlook 2022 Режим доступу: https://iea.blob.core.windows.net/assets/c282400e-00b0-4edf-9a8e-6f2ca6536ec8/WorldEnergyOutlook2022.pdf [in English]. (Last accessed: 20.09.2024)

12. Zelena transformatsiya Ukrayiny. Informatsiynyy resurs pro Yevropeys′kyy kurs i Ukrayinu https://greentransform.org.ua/yak-yes-znyzhuye-vykydy-co2-vid-velykovantazhnyh-transportnyh-zasobiv/ (Last accessed: 1.10.2024)

13. Asotsiatsiya mizhnarodnykh avtomobil′nykh pereviznykiv Ukrayiny. Ofitsiynyy sayt http://www.asmap.org.ua/index1.php?idt=68594(Last accessed: 1.10.2024)

УДК 330:519.83 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-226-234**
УДК 330:519.83

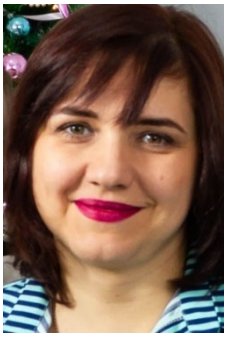
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ МОДЕЛЕЙ В ЕКОНОМІЦІ

THEORETICAL ASPECTS OF USING GAME MODELS IN ECONOMY



Коваленко Наталія Василівна, *доктор економічних наук, професор, професор кафедри менеджменту. Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail:* kovalenko-nv@ukr.net, *тел.+380442808438*

https://orcid.org/0000-0001-8011-1373



Малахова Юлія Анатоліївна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: yu.malakhova@ntu.edu.ua, тел.+380442808438*

https://orcid.org/0000-0002-8769-7597

Анотація: У статті розглянуто теоретичні основи та практичні можливості застосування теорії ігор як ефективного інструменту аналізу та моделювання економічних процесів. Основна увага приділена класифікації ігор за типом взаємодії, інформаційною повнотою, кількістю учасників та іншими параметрами, що дозволяє адаптувати ці моделі до реальних економічних задач. Досліджено ключові концепції теорії ігор, такі як рівновага Неша, домінуючі стратегії, змішані стратегії та коаліційні моделі, які є фундаментальними для аналізу поведінки економічних суб'єктів у конкурентному середовищі.

У роботі проаналізовано історичний розвиток теорії ігор, починаючи з праць Еміля Бореля, Джона фон Неймана та Оскара Моргенштерна, які заклали основу для сучасного аналізу стратегічних рішень. Концепції рівноваги Неша, цінності Шеплі та інших підходів розглянуто з позиції їх практичного застосування для вирішення завдань моделювання ринкової конкуренції, формування коаліцій, розподілу ресурсів, ціноутворення та аналізу аукціонів.

Окрему увагу приділено математичному апарату теорії ігор, зокрема нормальним, екстенсивним і кооперативним формам подання ігор. Використано приклади моделювання економічної взаємодії, такі як цінова конкуренція Курно і Бертрана, коаліційні угоди, аналіз переговорних стратегій та управління ризиками в умовах невизначеності. У статті також висвітлено можливості теорії ігор для прогнозування поведінки суб'єктів ринку в умовах інформаційної асиметрії.

Застосування ігрових моделей дозволяє підприємствам не лише оптимізувати стратегії поведінки, але й підвищувати конкурентоспроможність, управляти ризиками та забезпечувати

справедливий розподіл ресурсів. У кооперативних іграх використання цінності Шеплі сприяє ефективному формуванню коаліцій та розподілу виграшів між учасниками. У некооперативних сценаріях рівновага Неша допомагає передбачати дії конкурентів і приймати оптимальні рішення.

Результати дослідження мають як теоретичну цінність, оскільки забезпечують глибоке розуміння стратегічної взаємодії учасників економічних процесів. Отримані висновки можуть бути використані для підвищення ефективності управлінських рішень у бізнесі, державному управлінні та фінансовому секторі.

Ключові слова: теорія ігор, економічне моделювання, модель, стратегія, економіка, імітаційне иоделювання.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасна економіка відзначається значною складністю та взаємозалежністю між різними учасниками, такими як підприємства, споживачі, державні органи, міжнародні організації. В динамічних сьогоденних викликах, перед більшістю учасників, постає проблема оптимального прийняття рішень в умовах стратегічної взаємодії, коли результати дій кожного суб'єкта залежать від рішень інших. Ігрові моделі, як інструменти теорії ігор, допомагають виявити найкращі стратегії для досягнення вигоди, враховуючи можливі дії конкурентів, формалізувати ситуації, в яких учасники мають протилежні інтереси або можуть співпрацювати для досягнення спільних цілей. Використання ігрових моделей сприяє розробці рекомендацій щодо оптимізації бізнес-процесів і підвищення конкурентоспроможності надаючи теоретичну основу для аналізу економічних ситуацій та слугуючи практичним інструментом для підприємств у розробці стратегії розвитку та управлінні ризиками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями застосування теорій ігор в наукових дослідженнях, зокрема в економіці займалися ряд науковців, серед яких Британіка, Т. Нейман Дж., Моргенштерн О., Кун Г, Неш Дж., Люс Д., Райффа Г., Кун, Х. В., Вікрі, В., Зелтен Р., Шеплі Л. [1-8].Останні дослідження демонструють, що теорія ігор має великий потенціал для аналізу економічних взаємодій, стратегічного управління та прогнозування. Її застосування охоплює різні аспекти економіки, від моделювання конкурентної поведінки до управління ресурсами та технологічними інноваціями. Інтеграція сучасних технологій та поведінкових підходів відкриває нові горизонти для її використання в умовах сучасного динамічного середовища.

Матеріали та методи. Дослідження проведено на підставі огляду та аналізу ключових праць зарубіжних та вітчизняних науковців, які сформували основи теорії ігор. Під час проведення досліджень використано такі методи як історичний (дослідження розвитку та становлення теорії ігор), класифікація (розподіл ігор за їх властивостіми), індукція та дедукція, синтез та анліз (дослідження стратегій), порівняння (порівняння стратегій та форм представлення ігрових моделей).

Метою роботи є дослідження теоретичних аспектів становлення ігрових моделей у сучасній економіці, класифікація ігор для вибору оптимальної стратегії, а також застосування цих моделей в економічному аналізі.

Виклад основного матеріалу. Теорія ігор є важливим інструментом для розуміння поведінки суб’єктів в економіці та досліджує стратегії прийняття рішень в різних умовах. Розвиток теорії ігор тісно пов'язаний з економікою, оскільки моделювання стратегічної поведінки передбачає та пояснює економічні явища.

Теорія ігор виникла на початку XX століття, перші опубліковані роботи з теорії ігор належать французькому математику Emile Borel, який у 1921 році опублікував теорію стратегічної гри

аналізуючи азартні ігри [1]. Став першим з науковців, хто дав визначення стратегічних ігор та передбачив використання теорії ігор в економіці. Однак розвиток та популяризація теорії ігор розпочалася після публікації в 1944 році праці «Теорія ігор та економічна поведінка» американським математиком угорського походження John von Neumann та американським економістом німецького походження Oskar Morgenstern, які визначили основи сучасної теорії ігор, ввели стратегічну нормальну гру, стратегічну екстенсивну гру, концепцію чистих/змішаних стратегій, коаліційні ігри, а також аксіоматику теорії очікуваної корисності для застосовування в економіці, зокрема, моделювання ринкової конкуренції [2].

У 1950 році John Nash представив концепцію «рівноваги Неша», яка стала центральним поняттям у теорії ігор, при якому жоден з гравців не може покращити свій результат, змінюючи стратегію в односторонньому порядку, продовживши дослідження і створивши концепцію «торгового рішення Неша» для коаліційних ігор, маючи велике значення для економічних досліджень, завдяки аналізу поведінки підприємств, споживачів і інших суб'єктів економічного середовища [3].

У сфері коаліційних ігор R. Duncan Luce, Howard Raiffa у 1957 опублікували перший підручник з теорії ігор формалізувавши ідею методу повторного усунення домінованих стратегій для стратегічної нормальності та ввівши концепцію «повторної гри» (статичні ігри, у які грають кілька разів) [4].

У 1953 році H. W. Kuhn [5] запропонував концепцію розширених ігор з недосконалою інформацією, які враховують ситуації, коли жоден із гравців не має повного уявлення про всі попередні ходи інших учасників, що дозволило моделювати реальні ситуації, де інформація розподілена нерівномірно між гравцями підвищивши адаптивність теорії ігор до складних економічних процесів (див. Kuhn, H. W. "Extensive Games and the Problem of Information," Contributions to the Theory of Games, Vol. 2, 1953). Vickrey W. у 1961 році вперше формалізував аукціонні процеси другого типу «аукціон Вікрі», де переможець платить ціну другої за величиною ставки [6]. Підхід заклав основу для сучасних аукціонних теорій, що використовуються в економіці та державному управлінні. Selten R. розробив концепцію досконалої гри, яку доповнив «рівновагою рук, що тремтять» [7]. Концепція забезпечує раціональне вирішення ігор у великій формі, де учасники враховують можливі майбутні наслідки своїх дій на кожному кроці та враховує можливість помилок у стратегіях гравців.

Shapley L. запропонував концепцію «цінності Шеплі» як інструмент для розподілу виграшу між гравцями коаліції, а також ідею «ядра» [8]. Вже у 1960-х роках Aumann R. J. та Shubik M. почали активно застосовувати коаліційну теорію ігор в економічному аналізі, розвиваючи концепцію «сильна рівновага», а також моделі великих ігор з нескінченною кількістю учасників і «народна теорема», які застосовуються в аналізі повторюваних ігор. Aumann R. J. запропонував концепцію «корельованої рівноваги».

Kreps D. M. Та Wilson R. у 1980-х роках розробили концепцію «послідовної рівноваги» для ігор з недосконалою інформацією, що стало новим стандартом у аналізі стратегій в економічних моделях. Rubinstein A. розробив модель переговорів, перетворивши угоди за Нешем на некоаліційну гру, що дозволило аналізувати переговори як процес стратегічної взаємодії.

Досягнення науковців відображають розвиток теорії ігор як інструменту для аналізу не тільки економічних процесів, а й ширших соціальних і політичних явищ, що робить її надзвичайно важливою для сучасного наукового і практичного середовища. Сьогодні теорія ігор продовжує активно розвиватися, одним з найпопулярніших напрямів є експериментальна економіка та поведінкова теорія ігор, які намагаються врахувати реальну поведінку людей, відхилення від раціональності та вплив

психологічних чинників. Крім економічних процесів, теорія ігор, застосовується у вивченні політичних процесів, екології, мережевій економіці та навіть у соціальних мережах.

Теорія ігор — це галузь математики та економіки, що досліджує взаємодію раціональних суб'єктів (гравців), які приймають рішення в умовах конкуренції, кооперації або конфлікту. Основна мета теорії ігор - аналіз стратегій, які учасники можуть використовувати для максимізації виграшів.

Основні компоненти теорії ігор:

1. Гравці - учасники гри, які приймають рішення.
2. Стратегії - план дій гравця, який визначає, як він реагуватиме на різні ситуації в грі.
3. Виграш - результат, який отримує гравець залежно від своєї стратегії та дій інших учасників. Функція виграшу визначає, як різні комбінації стратегій впливають на результати.
4. Правила гри - умови, які визначають, як учасники можуть взаємодіяти, які дії дозволені та як оцінюються виграші.

Класифікацію ігор з метою моделювання в економіці можна здійснити за кількома критеріями (табл. 1).

Таблиця 1 – Класифікація ігор як інструменту моделювання в економіці

Table 1 – Classification of games as a modeling tool in economics

Класифікаційна ознака	Види ігор	Опис
За типом взаємодії між гравцями	Кооперативні ігри	Учасники можуть об'єднуватися в коаліції для досягнення спільної мети Головний аспект — розподіл виграшу між членами коаліції
	Некооперативні ігри	Кожен гравець діє незалежно, керуючись лише своїми інтересами. Використовується для аналізу конкуренції.
За кількістю гравців	Двоосібні ігри	Участь беруть лише два гравці
	Багатоосібні ігри	Беруть участь більше двох гравців.Застосовується для аналізу взаємодії в складних системах.
За типом виграшу	Ігри з нульовою сумою	Виграш одного гравця дорівнює втратам іншого (загальний виграш системи = 0)
	Ігри з ненульовою сумою	Загальний виграш може бути більшим або меншим за нуль, залежно від стратегій.
За послідовністю дій	Статичні ігри	Гравці приймають рішення одночасно або без знання про дії інших
	Динамічні ігри	Гравці приймають рішення послідовно, враховуючи попередні ходи інших
За рівнем інформації	Ігри з повною інформацією	Всі гравці знають правила гри, можливості, виграші і дії інших
	Ігри з неповною інформацією	Гравці не мають повної інформації про ситуацію або стратегії інших
За типом стратегій	Детерміновані ігри	Гравці діють за фіксованими правилами або алгоритмами
	Ігри зі змішаними стратегіями	Гравці використовують ймовірнісний підхід для вибору стратегії
За тривалістю гри	Одноетапні ігри	Гра відбувається за один раунд
	Повторювані ігри	Гра повторюється декілька разів, і попередні результати впливають на наступні рішення
За сферою застосування	Економічні ігри	Аналіз поведінки фірм, споживачів, держав
	Політичні ігри	Взаємодія між політичними партіями або державами

В економіці теорія ігор може застосовуватися для моделювання конкуренції на ринку, формування коаліцій, управління ресурсами., ціноутворення тощо.Наприклад, моделі цінової конкуренції Бертрана та кількісної конкуренції Курно допомагають визначити оптимальні стратегії встановлення цін та обсягів виробництва.

У кооперативних іграх, таких як задачі розподілу ресурсів або управління проектами, учасники об'єднуються для досягнення спільної вигоди. Концепція вектора Шеплі допомагає визначити справедливий розподіл вигоди між членами коаліції.

Ігрові моделі дозволяють оптимізувати розподіл обмежених ресурсів у конфліктних ситуаціях. Наприклад, у водокористуванні або спільному використанні земельних ресурсів.

Ігрові підходи ефективно застосовуються у задачах переговорів, де враховується баланс інтересів сторін. Некооперативні ігри допомагають прогнозувати результати переговорів та моделювати поведінку суб'єктів під час встановлення цін.

У теорії ігор існує кілька основних підходів та методів, що використовуються для аналізу стратегічних ситуацій і прийняття рішень у контексті взаємодії між учасниками. Стратегії визначають вибір гравців, що прагнуть максимізувати свій виграш або мінімізувати втрати. Економіка активно використовує теорію ігор для аналізу конкурентних ситуацій, взаємодії між компаніями, ринкових стратегій та оптимізації рішень. У цьому контексті виділяють наступні основні типи стратегій у теорії ігор:

1. Домінуюча стратегія, яка забезпечує найвищий виграш для гравця незалежно від дій інших учасників. Така стратегія спрощує аналіз гри, оскільки вибір в даному випадку очевидний. Застосовується у конкурентному середовищі, де гравці прагнуть максимізувати виграш без урахування поведінки інших.

2. Наслідувальна стратегія передбачає, що гравець копіює дії або стратегії інших учасників ринку, вважаючи, що їхні дії є оптимальними. Використовується на ринках із високою конкуренцією або недостатньою інформацією та може бути ефективною, якщо інші учасники ринку діють раціонально. Проте застосування такої стратегії має ризики: якщо лідери роблять помилки, наслідування може призвести до втрат.

3. Стратегія рівноваги Неша, представляє собою набір стратегій, у яких кожен гравець вибирає оптимальну стратегію, враховуючи вибір інших гравців, і не має стимулу змінювати свою стратегію. Дана стратегія допомагає передбачити поведінку в стабільних системах. Рівновага Неша використовується в економіці, політиці, переговорах.

4. Максимінна стратегія використовується у випадках невизначеності та ризику. Гравець вибирає стратегію, яка мінімізує його максимальні втрати. Таку стратегію часто називають песимістичною, оскільки вона передбачає вирішенняконфліктних ситуацій, коли гравець очікує на найгірший сценарій. Часто застосовується в умовах ризику або при обмеженій інформації.

5. Змішана стратегія передбачає, що гравець обирає стратегію випадковим чином, розподіляючи ймовірності між доступними діями. Дана стратегіє ефективна в повторюваних іграх, де гравці можуть аналізувати дії один одного та використовується в моделюванні поведінки людей або організацій, коли оптимальна стратегія не очевидна.

6. Репутаційна стратегія, при якій гравець діє так, щоб створити або зберегти певну репутацію, яка може впливати на поведінку інших учасників. Використовується в бізнесі для побудови довготривалих відносин із клієнтами чи партнерами та може впливати на конкурентів, які змінюють свою поведінку, враховуючи репутацію компанії.

7. Кооперативна стратегія, коли гравці домовляються про спільні дії, щоб підвищити вигоди для всіх учасників (наприклад, знижуючи конкуренцію чи розділяючи ринки). Застосовується в коаліційних іграх і на ринках із високою конкуренцією. Дозволяє досягти кращих результатів, ніж при індивідуальному підході.

Кожна з розглянутих стратегій має має свої переваги та недоліки, її вибір залежить від контексту гри, інформації та очікувань гравців (табл. 2).

Таблиця 2 **–** Порівняння стратегій у теорії ігор

Table 2 **–** Comparison of strategies in game theory

Стратегія	Особливості	Тип ситуації
Домінуюча	Найкращий вибір незалежно від дій інших гравців.	Ігри з явними виграшами для однієї стратегії.
Наслідувальна	Орієнтується на дії інших, зменшує ризик прийняття неправильного рішення.	Невизначені ринкові умови.
Рівновага Неша	Стабільний стан, за якого ніхто не змінює свою стратегію.	Ігри з прогнозованими діями інших.
Максимінна	Мінімізація втрат у найгіршому сценарії.	Невизначеність і ризик.
Змішана	Розподіл ймовірностей між стратегіями.	Ігри, де передбачуваність шкодить.
Репутаційна	Орієнтація на довгострокові вигоди через побудову репутації.	Повторювані ігри, бізнес-відносини.
Кооперативна	Узгоджені дії для досягнення спільних вигод.	Коаліції, ринки з високою конкуренцією.

Використовуючи концепцію рівноваги Неша прогнозуються оптимальні стратегії підприємств щодо встановлення цін, обсягів виробництва, інвестицій у нові продукти тощо з урахуванням дій конкурентів. Моделювання аукціонів та розробка механізмів ціноутворення забезпечують чесність та ефективність торгів, широко використовується для побудови моделей ціноутворення у державних закупівлях, ліцензійних торгах тощо. Також теорія ігор ефективно вирішує проблеми, пов’язані з асиметрією інформації, що дозволяє знижувати ризики та забезпечувати рівновагу інтересів учасників ринку. Аналіз кооперативної поведінки та формування коаліцій завдяки теорії ігор визначає оптимальний розподіл виграшів серед учасників. Теорія ігор активно застосовується для вивчення соціальних норм і поведінкових аспектів, дозволяючи моделювати врегулювання конфліктів та розробляти ефективніші стратегії в політичних і соціальних системах. Завдяки цьому теорія ігор є ґрунтовним підходом у сучасній економічній науці, сприяючи більш глибокому розумінню взаємозв’язків та механізмів, що лежать в основі ринкових та соціальних інститутів.

Форми подання ігор у теорії ігор визначають спосіб опису взаємодії між гравцями, їхніх стратегій і виграшів. Найпоширенішими формами подання є нормальна (стратегічна), екстенсивна (деревоподібна) та подання в характеристичних функціях. Кожна з цих форм підходить для аналізу різних типів ігор.

Нормальна (стратегічна) форма подання ігор використовується для аналізу одночасних ігор, у яких гравці приймають рішення одночасно, не знаючи вибору інших.

Компонентами такої форми є:

- множина гравців (N): $N=\{1,2,...,n\}$, де n — кількість гравців;
- множини стратегій (S_i): S_i — множина можливих стратегій і-го гравця;

- функції виграшу (u_i): $u_i(s_1,...,s_n)$ визначає виграш і-го гравця для вибраної комбінації стратегій $s_1,..,s_n$.

Нормальна форма часто представляється у вигляді таблиці (матриці), де вказані всі можливі стратегії гравців і їхні виграші.

Екстенсивна (деревоподібна) форма використовується для опису ігор, у яких рішення приймаються послідовно та зображає гру як дерево, де кожна вершина відповідає рішенню гравця, а гілки — можливим виборам.

Компоненти:

- корінь дерева: початок гри;
- вершини: точки, у яких гравці приймають рішення;
- гілки: можливі стратегії або дії;
- виграші: наводяться в листках дерева (кінцевих вершинах);
- інформаційні множини: визначають ситуації, коли гравець не знає попередніх рішень інших гравців.

Гра представлена графічно, де гравці послідовно обирають свої дії (рис. 1).

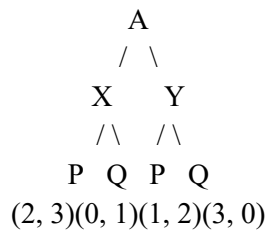


Рисунок 1 – Деревоподібна форма подання ігор
Figure 1 – Tree-like representation of games

Форма з характеристичною функцією застовується для кооперативних ігор, де важливо аналізувати вигоди коаліцій (груп гравців), а не окремих стратегій.

Компоненти:

- множина гравців (N): N={1,2,...,n}.
- характеристична функція (v): v(S) визначає максимальний виграш, який коаліція S⊆ може отримати, незалежно від дій інших гравців.

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика форм представлення ігор для моделювання в економіці.

Table 3 – Comparative characteristics of forms of representation of games for modeling in economics.

Характеристика	Нормальна форма	Екстенсивна форма	Характеристична функція
Тип ігор	Одночасні	Послідовні	Кооперативні
Фокус на стратегіях	Індивідуальні	Послідовні дії	Коаліційні
Зручність для аналізу	Простота для аналізу малих ігор	Інтуїтивність для послідовних взаємодій	Справедливий розподіл виграшу
Основне застосування	Некооперативні ігри	Дерева рішень	Розподіл ресурсів

Функція v(S) описує виграш для кожної підмножини гравців (коаліції), що дозволяє визначити, які коаліції є вигідними, і як розподілити виграш між учасниками.

Вибір форми ігор залежить від типу, стратегії, зручності та застосування (табл. 3).

Висновок. Теорія ігор пропонує широкий набір стратегій для оптимізації рішень в економіці. Вона дозволяє враховувати конкурентні та кооперативні взаємодії між гравцями, що особливо важливо в сучасних ринкових умовах. Розуміння різних стратегій та їх грамотне використання дозволяє економічним агентам приймати обґрунтовані рішення та досягати більшої ефективності.

Перелік посилань

1. Britannica, T. Editors of Encyclopaedia. «Еміль Борель». Британська енциклопедія , 18 квітня 2024 р. https://www.britannica.com/biography/Emile-Borel. The Theory of Play and Integral Equations with Skew Symmetric Kernels", 1921, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences*

2. John von Neumann, Oskar Morgenstern, Harold W. Kuhn. Theory of Games and Economic Behavior: 60th Anniversary Commemorative Edition (Princeton Classic Editions). 2007. Princeton University Press. 776 p.

3. John F. Nash. "Non-Cooperative Games", 1951, Annals of Mathematics

4. R. Duncan Luce, Howard Raiffa Games and Decisions: Introduction and Critical Survey. 1989. Dover Publications. 544 p.

5. Kuhn, H. W. "Extensive Games and the Problem of Information," Contributions to the Theory of Games, Vol. 2, 1953 https://doi.org/10.1515/9781400881970-012

6. Vickrey, W. "Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders," Journal of Finance, 1961, Vol. 16, No. 1, pp. 8-37

7. Selten, R. “Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfragetragheit” Zeitschrift fur die gesamte Staatswissenschaft 121. 1965. 301–324 pp., 667–689pp.

8. Shapley, L. S. A Value for n-Person Games. Contributions to the Theory of Games, 2. 1953. 307-317. https://doi.org/10.1515/9781400881970-018

THEORETICAL ASPECTS OF USING GAME MODELS IN ECONOMY

Kovalenko Natalia V., Dr. of Economics, Professor, National Transport University, kovalenko-nv@ukr.net, Kyiv, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0000-0001-8011-1373

Malakhova Yulia A., Ph.D. Economics, associate professor department of management, National Transport University, e-mail: yu.malakhova@ntu.edu.ua, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0000-0002-8769-7597

Summary The article examines the theoretical foundations and practical possibilities of applying game theory as an effective tool for analyzing and modeling economic processes. The main attention is paid to the classification of games by type of interaction, information completeness, number of participants and other parameters, which allows adapting these models to real economic problems. The key concepts of game theory, such as Nash equilibrium, dominant strategies, mixed strategies and coalition models, which are fundamental for analyzing the behavior of economic entities in a competitive environment, are studied.

The paper analyzes the historical development of game theory, starting with the works of Emil Borel, John von Neumann and Oskar Morgenstern, who laid the foundation for the modern analysis of strategic decisions. The concepts of Nash equilibrium, Shapley value and other approaches are considered from the

perspective of their practical application for solving problems of modeling market competition, coalition formation, resource allocation, pricing and auction analysis.

Special attention is paid to the mathematical apparatus of game theory, in particular to normal, extensive and cooperative forms of game representation. Examples of modeling economic interaction are used, such as Cournot and Bertrand price competition, coalition agreements, analysis of negotiation strategies and risk management under uncertainty. The article also highlights the possibilities of game theory for predicting the behavior of market participants in conditions of information asymmetry.

The use of game models allows enterprises not only to optimize behavioral strategies, but also to increase competitiveness, manage risks and ensure a fair distribution of resources. In cooperative games, the use of Shapley value contributes to the effective formation of coalitions and the distribution of winnings between participants. In non-cooperative scenarios, the Nash equilibrium helps to predict the actions of competitors and make optimal decisions.

The results of the study have both theoretical value, as they provide a deep understanding of the strategic interaction of participants in economic processes. The conclusions obtained can be used to improve the effectiveness of management decisions in business, public administration and the financial sector.

Keywords: game theory, economic modeling, model, strategy, economy

References

1. Britannica, T. Editors of Encyclopaedia. The Theory of Play and Integral Equations with Skew Symmetric Kernels", 1921, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences*

2. John von Neumann, Oskar Morgenstern, Harold W. Kuhn. Theory of Games and Economic Behavior: 60th Anniversary Commemorative Edition (Princeton Classic Editions). 2007. Princeton University Press. 776 p.

3. John F. Nash. "Non-Cooperative Games", 1951, Annals of Mathematics

4. R. Duncan Luce, Howard Raiffa Games and Decisions: Introduction and Critical Survey. 1989. Dover Publications. 544 p.

5. Kuhn, H. W. "Extensive Games and the Problem of Information," Contributions to the Theory of Games, Vol. 2, 1953 https://doi.org/10.1515/9781400881970-012

6. Vickrey, W. "Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders," Journal of Finance, 1961, Vol. 16, No. 1, pp. 8-37

7. Selten, R. “Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfragetragheit” Zeitschrift fur die gesamte Staatswissenschaft 121. 1965. 301–324 pp., 667–689pp.

8. Shapley, L. S. A Value for n-Person Games. Contributions to the Theory of Games, 2. 1953. 307-317. https://doi.org/10.1515/9781400881970-018

УДК 339.9:338.4 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-235-247**
UDC 339.9:338.4

ПРОГРЕС ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ ВПЛИВУ НА ЕКОНОМІКУ КРАЇН – ЧЛЕНІВ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

PROGRESS IN ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN THE CONTEXT OF THE IMPACT ON THE ECONOMY OF THE EUROPEAN UNION MEMBER STATES



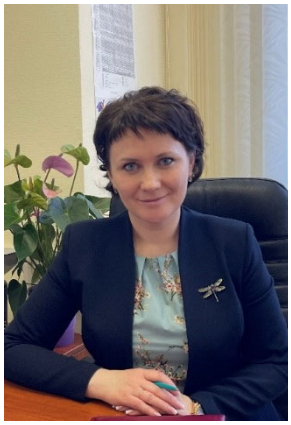
Козак Людмила Степанівна, *Заслужений працівник освіти України, кандидат економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економіка», Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: lskozak1@gmail.com,*

https://orcid.org/0000-0003-3995-172X



Федорук Олеся Володимирівна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри «Економіка», Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: olesiavfedoruk@gmail.com,*

https://orcid.org/0000-0002-7402-4174



Ярова Руслана Василівна, *кандидат юридичних наук, доцент, декан факультету «Економіка та право», Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: yarovaruslana@ukr.net,*

https://orcid.org/0000-0001-5525-1059

Анотація: У статті досліджено досягнення та пріоритети у сфері сталого розвитку країн – членів Європейського Союзу до 2030 року та його основні цілі. Проаналізовано прогрес у досягненні цілей сталого розвитку в контексті впливу на економіку країн – членів Європейського Союзу. Виявлено напрями трансформації економіки ЄС як світового лідера для сталого майбутнього в рамках Європейської зеленої угоди. Досліджено глобальну систему економічних показників, яка використовується для моніторингу виконання цілей сталого розвитку країн – членів Європейського Союзу.

Порядок денний сталого розвитку до 2030 року та його сімнадцять цілей, прийнятих Організацією Об'єднаних Націй, є світовою дорожньою картою для досягнення сталого розвитку в умовах глобалізації економічних процесів. Європейський Союз повністю присвятив себе виконанню Порядку денного сталого розвитку на період до 2030 року, а цілі сталого розвитку є невід'ємною складовою робочої програми Європейської Комісії.

Сталий економічний розвиток характеризується ефективним використанням природних ресурсів, раціональними напрямами інвестування, технологічного розвитку та інституційних змін або реформ, що сприяють збільшенню як поточного, так і майбутнього економічного потенціалу для задоволення потреб суспільства. Досягнення стійкості є домінуючим економічним, екологічним та соціальним завданням сталого економічного розвитку. Економічний розвиток без стійкості не є ефективним у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: цілі сталого розвитку, глобальне партнерство, економіка країн – членів Європейського Союзу, економічна політика, ресурси, глобальна система показників, інновації, інфраструктура, соціально-економічна стабільність, стале споживання та виробництво.

Вступ. ***Постановка проблеми й актуальність обраної теми.*** Економічне зростання в умовах глобальної конкуренції характеризується збільшенням валового внутрішнього продукту протягом тривалого проміжку часу. Однак, сталий економічний розвиток означає збереження темпів зростання без виникнення інших економічних проблем. Занадто швидке економічне зростання може виснажити ресурсний потенціал, а також створити екологічні проблеми.

Сталий розвиток потребує пошуку нових підходів до економічного життя з точки зору як виробництва, так і споживання, а також пошуку нових моделей підвищення ефективності, щоб виробляти більше економічних благ з меншими ресурсами та відходами. Боротьба із забрудненням довкілля потребує впровадження інноваційних виробничих процесів, більшого використання матеріалів, що підлягають переробці, а також розробки компонентів, що відновлюються або переробляються. Економічне зростання може бути досягнуто завдяки синергії плюралістичних інституцій, технологічних інновацій та дієвої ринкової економічної системи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На актуальність проблеми досягнення цілей сталого розвитку в контексті впливу на економіку країн – членів Європейського Союзу вказують численні дослідження таких вчених: Г. Брундланд, Ч. Виплош, Г. Дейлі, М. Корнер, Д. Медоус, П. Фонтен, Б. Хьюс та ін. Проблема досягнення цілей сталого розвитку в сучасних умовах розвитку міжнародної економіки є актуальною та потребує подальших досліджень.

Метою статті є дослідження прогресу у досягненні цілей сталого розвитку в контексті впливу на економіку країн – членів Європейського Союзу.

Завданнями статті є: дослідження досягнень та пріоритетів у сфері сталого розвитку країн – членів Європейського Союзу до 2030 року та його основних цілей; аналіз прогресу у досягненні цілей сталого розвитку; виявлення напрямів трансформації економіки ЄС як світового лідера для сталого майбутнього в рамках Європейської зеленої угоди; дослідження глобальної системи економічних показників, яка використовується для моніторингу виконання цілей сталого розвитку країн – членів Європейського Союзу.

Виклад основного матеріалу дослідження й отриманих результатів. Генеральна Асамблея ООН у вересні 2015 року ухвалила «Порядок денний сталого розвитку до 2030 року», основою якого є перелік із сімнадцяти цілей сталого розвитку щодо подолання бідності, захисту планети, забезпечення

процвітання та миру. Порядок денний також закликає до активізації глобального партнерства для забезпечення його реалізації. Цілі розвитку є безпрецедентними з точки зору значущості та масштабу, оскільки вони встановлюють широкий спектр економічних, соціальних та екологічних цілей і закликають до дій усі країни, незалежно від рівня їхнього економічного розвитку. У Порядку денному наголошується, що стратегії подолання бідності та сприяння сталому розвитку повинні бути спрямовані на задоволення більш широкого кола соціально-економічних потреб, які сприяють миру, справедливості, інклюзивному суспільству, захисту навколишнього середовища та допомагають у боротьбі зі зміною клімату. Хоча цілі сталого розвитку не є юридично обов'язковими, очікується, що уряди візьмуть на себе відповідальність і сформують національні рамки для досягнення даних цілей.

Європейський Союз досяг значного прогресу в напрямі зменшення нерівності, забезпечення гідної роботи та економічного зростання, скорочення рівня бідності. Також досягнуто прогресу щодо цілей сталого сільського господарства, інновацій та інфраструктури, сталого споживання і виробництва, якісної освіти, міцних інституцій, стійких міст і громад, глобального партнерства, а також кліматичних заходів.

Нерівність у доходах в країнах ЄС зменшилася, зокрема спостерігається скорочення розриву в доходах між багатшими та біднішими групами населення. Дані щодо економічних розбіжностей між країнами ЄС також мають позитивну динаміку, демонструючи постійне зближення країн-членів щодо ВВП на душу населення та доходів домогосподарств. Крім того, покращилася інтеграція мігрантів з-за меж ЄС на ринок праці, про що свідчить скорочення розриву між громадянами країн, що не входять до ЄС, і громадянами країн ЄС майже за всіма показниками.

Ціль сталого розвитку «Гідна праця та економічне зростання» демонструє покращення. Незважаючи на стагнацію у 2023 році, як ВВП на душу населення, так і інвестиції характеризувалися зростанням. Сприятливі тенденції також спостерігаються на ринку праці: рівень зайнятості в ЄС досяг нового рекордного рівня – 75,3 % у 2023 році [1].

Незважаючи на ці покращення, знадобляться подальші зусилля для досягнення багатовимірної цілі ЄС вивести принаймні 15 мільйонів людей із бідності чи соціальної ізоляції до 2030 року. Варто зауважити, що частка людей, які незадоволені якістю медичної допомоги, має тенденцію до зростання.

Тенденції щодо життєздатності та стійкості сільськогосподарського виробництва ЄС були досить сприятливими протягом останніх років. Продуктивність праці в сільськогосподарському секторі ЄС покращилася, а державні інвестиції в сільськогосподарські дослідження та розробки зросли. Крім того, органічне землеробство неухильно зростає, хоча знадобиться більший прогрес, щоб досягти 25 % загальної площі сільськогосподарських угідь ЄС до 2030 року, які оброблятимуться органічно. Використання хімічних пестицидів також зменшилося, викиди аміаку в сільському господарстві та концентрації нітратів у підземних водоймах ЄС впали з 2016 року. Проте несприятливий вплив сільськогосподарського виробництва залишається помітним в ЄС.

Ціль сталого розвитку «Промисловість, інновації та інфраструктура» характеризується сприятливими тенденціями за більшістю показників, за винятком розвитку сталого транспорту. Що ж стосується інновацій, в ЄС спостерігається постійне зростання витрат на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи як в абсолютному виразі, так і по відношенню до ВВП, ЄС потребуватиме більших зусиль, щоб досягти відповідної цілі до 2030 року щодо виділення 3 % його ВВП на інновації.

За останні роки суттєво покращилися показники патентних заявок до Європейського патентного відомства, частка науково-дослідного персоналу в робочій силі та частка молоді з вищою

освітою. Що стосується стійкості трансформації промислового сектора ЄС, то інтенсивність викидів в повітря виробничого сектора суттєво знизилася.

Крім того, тенденції в ЄС щодо збереження морського середовища та сталого рибальства загалом є сприятливими. Однак, тенденції щодо здоров'я океану – менш позитивні. Через поглинання вуглекислого газу світовим океаном середня кислотність морської води на поверхні продовжує зростати, і у 2022 році досягла ще одного безпрецедентного рівня порівняно з доіндустріальним рівнем. Частка морських вод ЄС, які постраждали від евтрофікації, характеризується щорічними коливаннями, але в середньому зросла з 2018 року. Більш позитивним є те, що частка прибережних місць для купання з хорошою якістю води дещо зросла в державах – членах ЄС.

Щодо цілі сталого розвитку «Якісна освіта», участь в освіті та навчанні розвивалася сприятливо, тоді як результати навчання дещо погіршилися. Навчання дорослих також мало тенденцію до зростання, демонструючи особливо суттєве зростання з 2020 року. Частка дітей, які беруть участь у дошкільній освіті, суттєво не зросла. Крім того, частка учнів у 2023 році, які володіють принаймні базовими цифровими навичками, становила трохи більше 55 % і, таким чином, залишається далекою від цільового показника в 80 % до 2030 року [2].

Оцінка рівня досягнення цілі сталого розвитку «Гендерна рівність» погіршилася порівняно з попередніми роками. Однак, ситуація на ринку праці покращилася, оскільки в ЄС погодинна оплата жінок наздоганяє заробітну плату чоловіків, а розрив між чоловіками та жінками, які не є робочою силою через обов'язки по догляду, зменшився з 2018 року. Аналогічно гендерний розрив в зайнятості скоротився, навіть незважаючи на те, що ЄС потребуватиме більшого прогресу, щоб досягти своєї мети скорочення вдвічі цього розриву до 2030 року. Жінки продовжують займати більше керівних посад, що свідчить про значне зростання як частки жінок у національних парламентах, так і на керівних посадах найбільших європейських компаній. Незважаючи на ці покращення, потрібно докладати більше зусиль для досягнення гендерного паритету на ринку праці ЄС.

Також оцінка рівня досягнення цілі сталого розвитку «Мир, справедливість та сильні інститути» показала погіршення показників порівняно з попередніми періодами. Що ж стосується доступу до правосуддя, державні витрати на суди зросли, тоді як сприйняття незалежності систем правосуддя в державах –членах ЄС дещо погіршилося за останні роки. Крім того, рейтинг ЄС в Індексі сприйняття корупції стагнував, хоча країни ЄС продовжують займати місце серед найменш корумпованих у світі.

Загалом ціль сталого розвитку «Партнерство заради сталого розвитку» покращилася порівняно з попередніми роками. Імпорт ЄС із країн, що розвиваються, значно зріс у 2023 році після переривання торгових потоків через пандемію COVID-19. Проте фінансування ЄС для країн, що розвиваються, скоротилося. Що ж стосується доступу до технологій, частка домогосподарств, які користуються високошвидкісним підключенням до Інтернету, демонструє сприятливу тенденцію. Щодо фінансового управління в межах ЄС, незважаючи на те, що загальне співвідношення боргу ЄС до ВВП різко впало з 2020 року, у 2023 році воно залишалося вищим за рівень до пандемії. Частка екологічних податків у загальних податкових надходженнях ще більше знизилася та досягла нового мінімуму.

Спостерігається загальний прогрес у досягненні цілі сталого розвитку «Пом'якшення наслідків зміни клімату». З 1990 року ЄС уже скоротив свої чисті викиди парникових газів на 31 %. Однак для досягнення амбітної цілі скорочення на 55 % до 2030 року потрібен більший прогрес. Обсяги викидів вуглецю, досягнуті сектором землекористування та лісового господарства, знизилися в останні роки. На підтримку цілі ЄС щодо кліматичної нейтральності частка відновлюваних джерел енергії в

споживанні енергії в ЄС зросла, а середня ефективність викидів вуглекислого газу транспорту в країнах ЄС покращилася. Крім того, у 2022 році значно зросли витрати країн, що розвиваються, пов'язані з кліматом.

Оцінка досягнення цілі сталого розвитку «Доступна та чиста енергія» дещо погіршилася. У сфері енергоспоживання ЄС досяг скорочення споживання енергії, однак для досягнення амбітних цілей до 2030 року потрібен подальший прогрес. Кінцеве споживання енергії в домогосподарствах також зменшилося, а продуктивність енергії покращилася. Хоча з 2017 року частка відновлюваної енергії зросла, для досягнення відповідної цілі до 2030 року знадобиться більший прогрес. Крім того, енергозалежність ЄС від імпорту збільшилася. Доступ до енергії знизився через підвищення цін на енергоносії.

Варто зауважити, що моніторинг цілей сталого розвитку відбувається на глобальному, регіональному, національному та місцевому рівнях. У липні 2023 року Європейська Комісія представила перший огляд ЄС, який відображає спільні зусилля держав – членів ЄС щодо реалізації цілей сталого розвитку. Щоб відслідковувати і переглядати цілі та завдання розроблено набір глобальних показників. У липні 2017 року Генеральна Асамблея ООН ухвалила список глобальних індикаторів цілей сталого розвитку, що включає 232 індикатори. Комплексний перегляд системи індикаторів на початку 2020 року призвів до схвалення 36 основних змін до списку глобальних індикаторів цілей сталого розвитку, у тому числі доповнення та вилучення. Таким чином, переглянута глобальна структура показників цілей сталого розвитку тепер складається з 231 показника. Ще один такий перегляд запланований на 2025 рік.

Сьогодні сталий розвиток є базовим принципом для Європейського Союзу і також головним пріоритетом для Європейської Комісії (рис. 1). У червні 2023 року Рада Європейського Союзу підтвердила, що Порядок денний на період до 2030 року та цілі сталого розвитку залишаються спільною дорожньою картою держав – членів ЄС для сталого майбутнього [3].

Крім того, Європейська Комісія представила низку трансформаційних політик, спрямованих на досягнення багатьох аспектів сталого розвитку в ЄС і за його межами (рис. 2).

Глобальна система показників, яка використовується для моніторингу виконання Порядку денного сталого розвитку на період до 2030 року, доповнюється індикаторами на рівні світових регіонів ООН та на національному рівні. Наприклад, набори показників були розроблені для Азіатсько-Тихоокеанського регіону, Африки, Латинської Америки та Карибського басейну [4].

Європейська зелена угода, прийнята у грудні 2019 року, є стратегією економічного зростання ЄС, орієнтована на перетворення Європейського Союзу на кліматично нейтральне суспільство, спрямоване на створення сучасної, ресурсоефективної, конкурентоспроможної та справедливої економіки, де до 2050 року не буде чистих викидів парникових газів і де економічне зростання відокремлено від використання ресурсів для захисту, збереження та збільшення природного капіталу ЄС, а також захисту здоров'я та добробуту громадян від екологічних ризиків і впливів (рис. 3).

У травні 2020 року була реалізована ще одна важлива ініціатива, яка лежить в основі Європейської зеленої угоди. Стратегія «від ферми до столу» має на меті зробити харчові системи в ЄС справедливими, здоровими та екологічно чистими шляхом забезпечення сталого виробництва, переробки, розподілу та споживання харчових продуктів, а також мінімізації їх втрат.



Рисунок 1 – Пріоритети Європейської Комісії щодо досягнення цілей сталого розвитку
Figure 1 – European Commission's priorities for achieving the Sustainable Development Goals

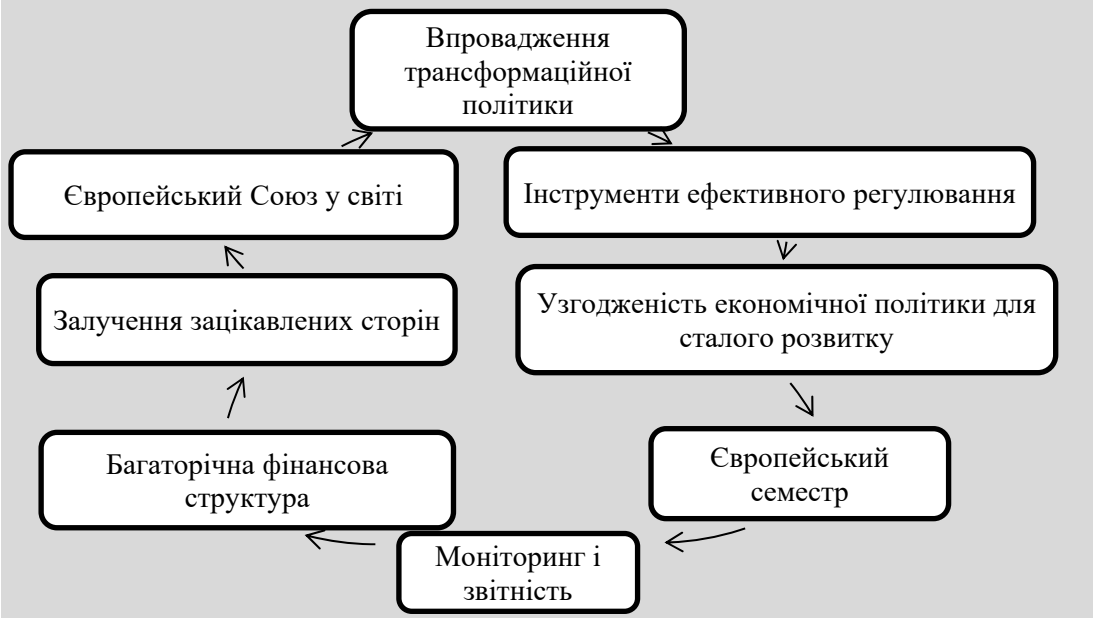


Рисунок 2 – Підходи Європейської Комісії до реалізації цілей сталого розвитку у 2019–2024 роках
Figure 2 – Approaches of the European Commission to the implementation of the Sustainable Development Goals in 2019–2024

Стратегія ЄС щодо біорізноманіття до 2030 року, також прийнята в травні 2020 року як частина зеленої угоди, спрямована на те, щоб до 2030 року біорізноманіття Європи вийшло на шлях відновлення, і містить конкретні дії та зобов'язання, такі як створення великої загальноєвропейської мережі територій на суші та на морі, які охороняються, започаткування плану ЄС з відновлення природи та впровадження заходів для вирішення глобальної проблеми біорізноманіття [5].

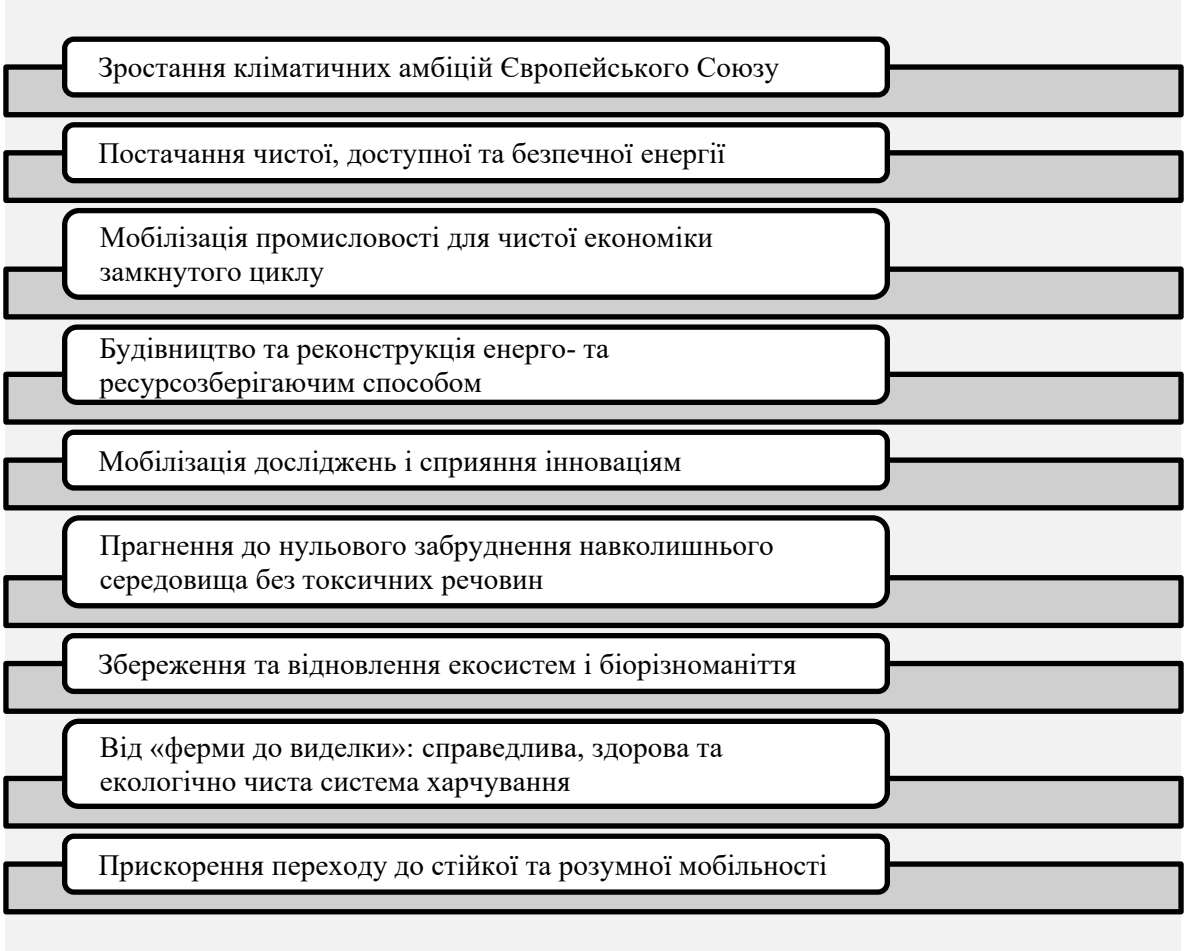


Рисунок 3 – Напрями трансформації економіки ЄС як світового лідера для сталого майбутнього в рамках Європейської зеленої угоди

Figure 3 – Directions of transformation of the EU economy as a world leader for a sustainable future under the European Green Deal

Кліматичний цільовий план до 2030 року передбачає скорочення викидів парникових газів щонайменше на 55 % від рівня 1990 року. Європа на шляху до того, щоб стати кліматично нейтральною до 2050 року. Ця амбіція була юридично закріплена в липні 2021 року з прийняттям Європейського закону про клімат. Європейська Комісія висунула кілька законодавчих пропозицій, заходів і цілей для того, щоб зробити Європу першим кліматично нейтральним континентом. Вони стосуються необхідної трансформації економіки і суспільств, сталого транспорту, чистої енергії, оновлення будівель,

збільшення природних поглиначів вуглецю та стимулювання глобальних дій щодо клімату. Важливо допомогти державам-членам розробити та впровадити пакети політики для вирішення питань зайнятості та соціальних аспектів, сприяння справедливому переходу, а також для оптимального використання державного та приватного фінансування.

Стратегія стійкої та розумної мобільності закладає основу зеленої та цифрової трансформації транспортної системи ЄС, щоб стати більш стійкою до майбутніх криз. Тим часом оновлення нової промислової стратегії ЄС підтримує подвійний перехід до зеленої та цифрової економіки, щоб європейська промисловість була лідером у досягненні цілей ЄС щодо зеленого, інклюзивного та стійкого майбутнього. Стратегія спрямована на посилення підтримки відновлюваної енергетики та зміни клімату, одночасно зміцнюючи стратегічну автономію ЄС.

Global Gateway виступає за стійкі та надійні зв'язки, які працюють на користь людей і планети, допомагає долати найгостріші глобальні виклики, від боротьби зі зміною клімату до вдосконалення систем охорони здоров'я та підвищення конкурентоспроможності та безпеки глобальних ланцюгів постачань. Global Gateway – це стратегія ЄС, спрямована на підтримку країн-партнерів у розвитку розумних, чистих та безпечних зв'язків в цифровому, енергетичному та транспортному секторах, а також для зміцнення систем охорони здоров'я, освіти та досліджень.

До 2027 року буде залучено до 300 мільярдів євро інвестицій для сталих проєктів, враховуючи потреби країн-партнерів і забезпечуючи тривалі переваги для місцевих громад. Це дозволить партнерам ЄС розвивати свої суспільства та економіку, а також створить можливості для приватного сектора держав – членів ЄС інвестувати та залишатися конкурентоспроможними, водночас забезпечуючи найвищі екологічні та трудові стандарти, а також надійне фінансове управління.

Global Gateway – це внесок ЄС у скорочення глобального інвестиційного розриву в усьому світі, що відповідає зобов'язанню лідерів G7 започаткувати орієнтоване на цінності прозоре партнерство для задоволення глобальних потреб розвитку інфраструктури. Global Gateway повністю узгоджується з Порядком денним ООН на період до 2030 року та цілями сталого розвитку, а також Паризькою угодою.

Крім того, політика згуртованості ЄС, включаючи Європейський фонд регіонального розвитку, Європейський соціальний фонд, Фонд згуртованості та Фонд справедливого переходу, також тісно узгоджена з цілями сталого розвитку, що сприяє зміцненню економічної, соціальної та територіальної єдності в ЄС і виправленню дисбалансу між країнами та регіонами [6].

Дослідницька та інноваційна програма ЄС Horizon Europe спрямована на підтримку дослідників та інноваторів у здійсненні системних змін, необхідних для забезпечення зеленої, здорової та стійкої Європи. Horizon Europe є ключовою програмою ЄС для фінансування досліджень та інновацій. Обсяг фінансування Horizon Europe на період 2021–2027 рр. становить 93,5 млрд євро [7].

Європейський Союз продовжує скорочувати викиди парникових газів в умовах посилення кліматичних змін. У міру того, як наслідки зміни клімату стають все більш очевидними, ЄС прагне скоротити викиди парникових газів, щоб досягти кліматичної нейтральності. Останні зміни середньої температури та екстремальних погодних умов підкреслюють важливість цих заходів. Середня температура досягла нового рекордно високого рівня, а частота та інтенсивність теплових хвиль прискорилася через зміни клімату, спричинені діями людини.

ЄС прийняв Європейський кліматичний закон, який зобов'язує країни ЄС колективно скоротити викиди парникових газів щонайменше на 55 % до 2030 року та досягти кліматичної нейтральності до 2050 року. Загальні викиди парникових газів в ЄС скоротилися з початку 2022 року, що вказує на те, що ЄС вдалося продовжити довгострокове скорочення своїх викидів парникових газів.

Поряд з невеликим зростанням ВВП на 0,2 % викиди парникових газів в ЄС зменшилися на 4,0 % у четвертому кварталі 2023 року порівняно з тим самим кварталом 2022 року. У четвертому кварталі 2023 року економічними секторами з найбільшою часткою викидів парникових газів були домогосподарства (22,9 %), виробництво (19,9 %), постачання електроенергії та газу (17,7 %). У період між четвертими кварталами 2022 та 2023 років викиди парникових газів найбільше впали у сфері постачання електроенергії та газу – на 17,2 %, а також у виробничому секторі – на 3,1 % [8].

У 2023 році країни – члени ЄС запровадили низку політик, що допомогли подолати негативні явища в економіці. Протягом останніх років ЄС продемонстрував ознаки стабілізації за всіма трьома вимірами стійкості – економічним, екологічним і соціальним, – прикладом чого є стабільність цін і диверсифікація джерел енергії. У той же час ЄС також скоротив свої викиди парникових газів у світлі посилення впливу глобальної зміни клімату.

Сьогодні освіта та професійна підготовка є ключовими рушійними силами сталого розвитку демократичного суспільства, оскільки вони допомагають підвищити рівень працевлаштування, продуктивність, інновації, конкурентоспроможність, здоров'я, рівність, безпеку та громадянську участь. У ширшому розумінні освіта є передумовою для досягнення багатьох цілей сталого розвитку. ЄС досяг значного прогресу у збільшенні участі в базовій та вищій освіті, а також в навчанні дорослих і, меншою мірою, у дошкільній освіті. Європейський освітній простір допомагає державам-членам і ширшому освітньому співтовариству працювати разом для створення більш стійких та інклюзивних систем освіти і навчання (рис. 4) [9].

Новий European Skills Agenda – це п'ятирічний план, який має на меті допомогти окремим особам і підприємствам розвинути більше кращих навичок і використовувати їх за допомогою зміцнення стійкої конкурентоспроможності; забезпечення соціальної справедливості; втілення на практиці першого принципу Європейського стовпа соціальних прав: доступ до освіти, професійної підготовки та навчання протягом усього життя для всіх; всюди в ЄС формування стійкості для реагування на кризи на основі уроків, отриманих під час пандемії COVID-19.

Digital Europe Programme є першим фінансовим інструментом ЄС, який розроблений для надання цифрових технологій підприємствам і громадянам, зосереджений на розбудові стратегічного цифрового потенціалу ЄС і сприянні широкому розгортанню цифрових технологій, підтримує реформи та інвестиції в загальну, професійну, вищу освіту та освіту для дорослих, а також цифрові навички [10].

Частка людей віком від 25 до 34 років із вищою освітою стабільно зростає з 2002 року в усіх державах – членах ЄС. У 2023 році більше половини (53,3 %) населення віком від 25 до 34 років, яке проживає у великих містах, здобуло вищу освіту, цей показник був значно нижчим для маленьких міст і передмість (36,7 %) та сільської місцевості (31,7 %).

Цифровізація має величезний вплив на ринок праці та формування навичок, необхідних для економіки і суспільства. Цифрові навички мають вирішальне значення для роботи, навчання та соціальної взаємодії. Під час пандемії COVID-19 розрив цифрових навичок став більш помітним, а також з'явилася нова нерівність: багато людей досі не мають базового рівня цифрових навичок, працюють на робочих місцях, де цифровізація відстає, або мають обмежений доступ до цифрових інструментів та інфраструктури. Частка людей, які володіють принаймні базовими цифровими навичками, залишається далекою від цілі сталого розвитку до 2030 року.

У 2023 році частка людей в ЄС віком від 16 до 74 років, які володіють принаймні базовими цифровими навичками, становила 55,6 %. Хоча ця частка на 1,7 % вища, ніж у 2021 році, вона залишається на рівні, значно нижчому від цільового показника 80 % до 2030 року. Загалом у 2023 році

менше жінок (54,5 %) мали принаймні базові цифрові навички, ніж чоловіків (56,7 %). Однак розрив між жінками та чоловіками сильно відрізняється в різних вікових групах. У віковій групі до 45 років більше жінок, ніж чоловіків, мали принаймні базові цифрові навички. Ситуація починає змінюватися у віковій групі старше 45 років, де чоловіки частіше володіють принаймні базовими цифровими навичками, ніж жінки. У 2023 році 70 % осіб у віці від 16 до 24 років, 64 % у віці від 25 до 54 років та 37,1 % у віці від 55 до 74 років мали принаймні базові цифрові навички.

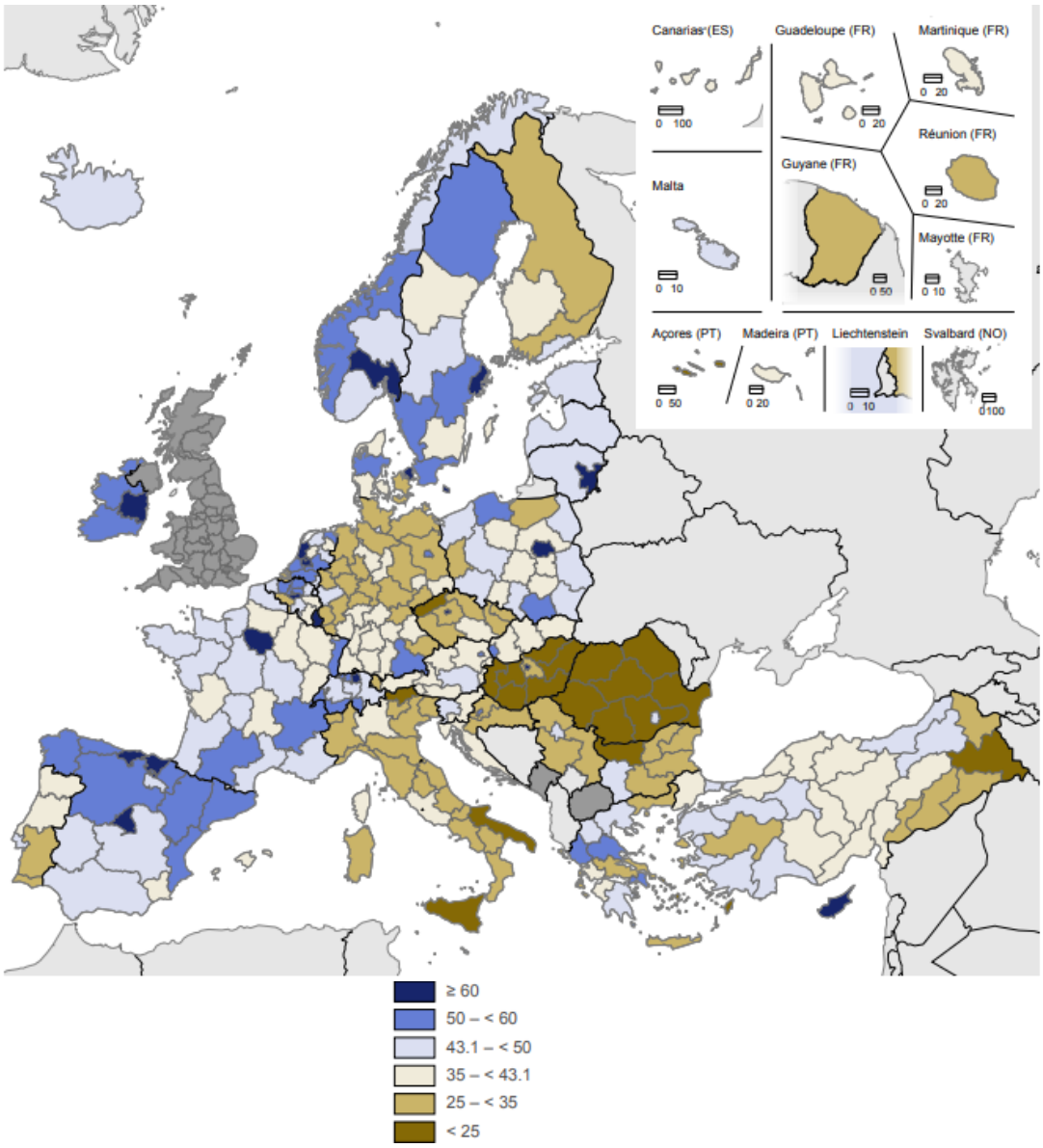


Рисунок 4 – Рівень вищої освіти у країнах ЄС, 2023 рік (населення у віці від 25 до 34 років, %)
Figure 4 – Level of higher education in the EU countries, 2023 (population aged 25 to 34, %)

Висновки. Таким чином, цілі сталого розвитку протягом тривалого часу були в основі реалізації європейської економічної політики, що міцно закріплені в європейських договорах і є основою ключових проєктів, галузевої політики та ініціатив. Порядок денний сталого розвитку до 2030

року, прийнятий Організацією Об'єднаних Націй, надав новий імпульс глобальним зусиллям щодо досягнення сталого розвитку. Інститути держав – членів ЄС відіграють важливу роль у досягненні максимального прогресу на шляху до реалізації цілей сталого розвитку.

Європейська зелена угода спрямована на перетворення Європейського Союзу на сучасну ресурсоефективну та конкурентоспроможну економіку, де кліматичні й екологічні виклики безперервно вивчаються та перетворюються на можливості, здійснюючи перехід справедливим і доступним для всіх громадян. Євростат підтримує цей підхід шляхом постійного моніторингу та звітування про прогрес у досягненні цілей сталого розвитку в ЄС, що є ключовим інструментом для сприяння координації економічної політики, пов'язаної з цілями сталого розвитку, як на рівні інститутів ЄС, так і на рівні його держав-членів.

Варто підкреслити, що набір індикаторів досягнення цілей сталого розвитку охоплює соціальні, економічні, екологічні та інституційні аспекти сталого розвитку економіки країн – членів Європейського Союзу. Реалізація концепції сталого розвитку гарантує міцну основу для соціально-економічної стабільності, що підтримується миром і безпекою.

Перелік посилань

1. The official website of the European Parliament. Retrieved from https://www.europarl.europa.eu/portal/en/.

2. Eurostat An official website of the European Union. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/.

3. European Commission proposes new initiatives to strengthen economic security. Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_24_363/IP_24_363_EN.pdf/.

4. Козак Л.С., Федорук О.В. Особливості реалізації політики згуртованості Європейського Союзу в контексті впровадження стратегії сталого економічного розвитку. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». 2024. Вип. 2 (59). С. 68—78. URL: https://doi.org/10.33744/2308-6645-2024-2-59-068-078.

5. Key figures on Europe 2023 edition. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15216629/17706595/KS-EI-23-001-EN-N.pdf/5df7a393-8461-9270-7eaa-91a4b1c2acc6?t=1707831012194&download=true/.

6. The official website of the European Union. Retrieved from https://commission.europa.eu/index_en/.

7. Федорук О.В. Дослідження ключових індикаторів стану економічної безпеки країн Європейського Союзу в рамках реалізації концепції сталого розвитку. Науковий журнал «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». 2024. Випуск 115. Частина 1. С. 183—197. URL: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.1-183-197.

8. Sustainable development in the European – Union Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context – 2023 edition. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15234730/16817772/KS-04-23-184-EN-N.pdf/845a1782-998d-a767-b097-f22ebe93d422?t=1688373085450&download=true/.

9. Офіційний сайт Міністерства закордонних справ України [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.mfa.gov.ua/.

10. Представництво України при Європейському Союзі та Європейському Співтоваристві з атомної енергії [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/ua/ukraine-eu/relations/.

PROGRESS IN ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN THE CONTEXT OF THE IMPACT ON THE ECONOMY OF THE EUROPEAN UNION MEMBER STATES

Kozak Liudmyla S., Honored Worker of Education of Ukraine, PhD in Economics, Professor, Head of the Department of Economics, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: lskozak1@gmail.com, tel.: +380442803016, https://orcid.org/0000-0003-3995-172X.

Fedoruk Olesia V., PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: olesiavfedoruk@gmail.com, tel.: +380442803016, https://orcid.org/0000-0002-7402-4174.

Yarova Ruslana V., PhD in Law, Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics and Law, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: yarovaruslana@ukr.net, tel.: +380442887100, https://orcid.org/0000-0001-5525-1059.

Summary. The article examines the achievements and priorities in the field of sustainable development of the European Union member states by 2030 and its main goals. Progress in achieving the sustainable development goals is analyzed in the context of the impact on the economies of the EU member states. The directions of transformation of the EU economy as a world leader for a sustainable future within the framework of the European Green Deal are identified. The global system of economic indicators used to monitor the implementation of the sustainable development goals of the European Union member states is studied.

The 2030 Agenda for Sustainable Development and its seventeen goals, adopted by the United Nations, are the global roadmap for achieving sustainable development in the context of globalized economic processes. The European Union is fully committed to the implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development, and the Sustainable Development Goals are an integral part of the European Commission's work program.

Sustainable economic development is characterized by the efficient use of natural resources, rational investment, technological development, and institutional changes or reforms that increase both current and future economic potential to meet the needs of society. Achieving sustainability is the dominant economic, environmental, and social objective of sustainable economic development. Economic development without sustainability is not effective in the long run.

Keywords: sustainable development goals, global partnership, economies of the European Union member states, economic policy, resources, global indicator system, innovation, infrastructure, socio-economic stability, sustainable consumption and production.

References

1. The official website of the European Parliament. Retrieved from https://www.europarl.europa.eu/portal/en/.

2. Eurostat An official website of the European Union. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/.

3. European Commission proposes new initiatives to strengthen economic security. Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_24_363/IP_24_363_EN.pdf/.

4. Kozak L.S., Fedoruk O.V. Osoblyvosti realizatsii polityky zghurtovanosti Yevropeiskoho Soiuzu v konteksti vprovadzhennia stratehii staloho ekonomichnoho rozvytku [Peculiarities of implementation of the European Union cohesion policy in the context of sustainable economic development strategy implementation]. Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriia «Ekonomichni nauky» [Visnyk

National Transport University. Series «Economic sciences». Scientific, scientific and industrial journal], 2024, issue 2 (59), pp. 68—78. Access mode: https://doi.org/10.33744/2308-6645-2024-2-59-068-078.

5. Key figures on Europe 2023 edition. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15216629/17706595/KS-EI-23-001-EN-N.pdf/5df7a393-8461-9270-7eaa-91a4b1c2acc6?t=1707831012194&download=true/.

6. The official website of the European Union. Retrieved from https://commission.europa.eu/index_en/.

7. Fedoruk O.V. Doslidzhennia kliuchovykh indykatoriv stanu ekonomichnoi bezpeky krain Yevropeiskoho Soiuzu v ramkakh realizatsii kontseptsii staloho rozvytku [Research of key indicators of the state of economic security of the European Union countries in the framework of the concept of sustainable development]. Naukovyi zhurnal «Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo» [Scientific and Technical Journal «Automobile Roads and Road Construction»], 2024, issue 115, part 1, pp. 183—197. Access mode: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.1-183-197.

8. Sustainable development in the European – Union Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context – 2023 edition. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15234730/16817772/KS-04-23-184-EN-N.pdf/845a1782-998d-a767-b097-f22ebe93d422?t=1688373085450&download=true/.

9. Ofitsiinyi sait Ministerstva zakordonnykh sprav Ukrainy [The official site of the Ministry of Foreign Affairs of Ukraine]. Retrieved from http://www.mfa.gov.ua/.

10. Predstavnytstvo Ukrainy pry Yevropeiskomu Soiuzi ta Yevropeiskomu Spivtovarystvi z atomnoi enerhii [Mission of Ukraine to the European Union] [Electronic resource]. Retrieved from: http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/ua/ukraine-eu/relations/.

УДК 625.7/.8 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-248-258**
UDC 625.7/.8

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF MODERN METHODS FOR DIAGNOSING THE OPERATIONAL CONDITION OF HIGHWAYS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES



Соколова Наталія Михайлівна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e- mail: nata_ns@ukr.net, тел. +380675872662*

https://orcid.org/0000-0003-0678-8882



Козинець Владислав Сергійович, *аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет, Київ, Україна e- mail: hackev31@gmail.com, тел: +380957840710*

https://orcid.org/0000-0003-0378-6849

Анотація. Метою статті є оцінка ефективності сучасних методів діагностики експлуатаційного стану автомобільних доріг та можливостей їх вдосконалення з використанням технологій штучного інтелекту. Розглянуто динаміку протяжності автомобільних доріг загального користування в Україні за 2017-2022 роки, що виявило незначні зміни в загальній довжині доріг із твердим покриттям та часткові коливання темпів приросту. Аналіз структури дорожнього покриття показав переважання асфальто-бетонних доріг, тоді як інші типи покриття мають незначну частку. Подальший аналіз розподілення доріг за категоріями вказав на більшу частку доріг ІІІ категорії, що свідчить про значну кількість доріг середньої якості, які потребують регулярного обслуговування. У межах дослідження також було розглянуто сучасні способи діагностики стану доріг, включаючи порівняння показників з нормативними значеннями, якісну оцінку кожного параметра та оцінку за узагальненим показником. Для кожного методу було проаналізовано переваги та недоліки. Було також проведено детальний огляд найбільш поширених пристроїв для діагностики доріг, таких як прогиноміри, дефлектометри та установки для візуального обстеження, що використовуються для визначення міцності, рівності, шорсткості та інших експлуатаційних якостей покриття. На основі

проведеного аналізу запропоновано впровадження технологій штучного інтелекту для підвищення точності оцінки стану доріг та автоматизації діагностичних процесів. Штучний інтелект здатний інтегрувати дані з різних джерел, зокрема датчиків, камер та супутників, і створювати комплексні моделі для прогнозування зносу покриття та визначення оптимальних термінів ремонтних робіт. Впровадження таких інновацій дозволить значно підвищити ефективність управління дорожньою інфраструктурою, знизити витрати на її обслуговування та підвищити безпеку для учасників дорожнього руху. У підсумку, розвиток технологій штучного інтелекту та їхнє застосування в діагностиці доріг стають важливим напрямом у покращенні якості дорожнього господарства та забезпеченні стійкого розвитку транспортної мережі.

Ключові слова: автомобільні дороги, експлуатаційний стан доріг, управління дорожньою інфраструктурою, методи діагностики, міцність покриття, штучний інтелект, автоматизація процесів

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Діагностика експлуатаційного стану автомобільних доріг є ключовим аспектом забезпечення безпеки дорожнього руху та ефективності транспортної інфраструктури. Традиційні методи оцінки стану доріг часто є трудомісткими, дорогими та не завжди дозволяють своєчасно виявляти проблеми, що може призводити до негативних наслідків, таких як аварії чи підвищені витрати на ремонт. В умовах зростання обсягів транспортних потоків і складності дорожньої мережі виникає необхідність у впровадженні сучасних методів діагностики, які б забезпечували високу точність і швидкість аналізу. Використання технологій штучного інтелекту відкриває нові можливості для автоматизації процесу діагностики, покращення точності прогнозів та зниження витрат. Проте, впровадження таких технологій вимагає ретельної оцінки їхньої ефективності, зокрема порівняння з існуючими методами та вивчення можливих недоліків. Важливим науковим завданням є розробка та адаптація алгоритмів штучного інтелекту, які зможуть працювати в умовах реального часу та враховувати різноманітні фактори, що впливають на стан дорожнього покриття. Практичне завдання полягає у впровадженні цих технологій у процес управління дорожньою інфраструктурою, що дозволить значно підвищити ефективність та якість експлуатації доріг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених оцінці ефективності діагностики автомобільних доріг, виявляє широкий спектр підходів до цієї теми. Ю. Б. Балашова у своїй роботі досліджує використання альтернативних матеріалів для дорожнього покриття, акцентуючи увагу на їх екологічних та економічних перевагах, що може значно вплинути на якість доріг та знизити витрати на їх будівництво [1]. Водночас, А. О. Безуглий зосереджується на теоретичних аспектах визначення розміру шкоди, завданої автомобільним дорогам внаслідок збройної агресії, що є актуальним питанням в умовах воєнного конфлікту, який впливає на стан інфраструктури України [2]. О. В. Беленчук досліджує питання безпеки автомобільних доріг, розробляючи методику визначення рейтингу безпеки для пріоритетного проведення перевірок, що може бути корисним для організації дорожніх ремонтів та покращення умов руху [3]. Нормативно-правові аспекти будівництва автомобільних доріг розглядає О. Є. Войтик, наголошуючи на необхідності дотримання стандартів та вимог при реалізації будівельних проектів, що є важливим для забезпечення якості та надійності доріг [4]. В. Б. Кисельов у своїй роботі звертає увагу на макроекономічний вплив дорожньої мережі, підкреслюючи, що ефективна інфраструктура є основою економічного зростання та розвитку країни. Інше важливе дослідження [5]. І. В. Кіяшко присвячене оцінюванню естетичної якості доріг, що є нетрадиційним аспектом, але важливим з точки зору комфортності для користувачів і зменшення візуального забруднення [6]. О. Ф. Лужицький досліджує

відновлення дорожнього покриття залежно від ступеня руйнування, пропонуючи методи для ефективного ремонту з урахуванням різних рівнів пошкоджень [7]. Не менш важливим є дослідження С. В. Неізвестного, який визначає період ефективного функціонування дороги, що дозволяє оптимізувати процеси планування ремонтів та знижувати витрати на утримання доріг [8]. В. Р. Сердюк зосереджується на післявоєнному відновленні та збільшенні обсягів будівництва, що є актуальним питанням для України в умовах сучасних викликів, спрямованих на відновлення інфраструктури [9]. А. О. Цинка працює над удосконаленням вимог до експлуатаційного стану доріг, що дозволяє забезпечити їх тривале та безпечне функціонування, враховуючи сучасні технологічні можливості [10]. Усі ці роботи відображають багатогранний підхід до вирішення проблем, пов'язаних із будівництвом, обслуговуванням та діагностикою автомобільних доріг, і підкреслюють необхідність подальших досліджень для підвищення ефективності дорожньої інфраструктури України.

Метою статті є оцінка ефективності сучасних методів діагностики експлуатаційного стану автомобільних доріг та можливостей їх вдосконалення з використанням технологій штучного інтелекту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження динаміки протяжності автомобільних доріг та їхнього розподілення за типом покриття і категоріями є важливим кроком у розумінні стану транспортної інфраструктури України. Проаналізуємо динаміку протяжності автомобільних доріг загального користування (Табл. 1).

Таблиця 1 – Динаміка протяжності автомобільних доріг загального користування в Україні за 2017-2022 рр.

Table 1 –Dynamics of the length of public roads in Ukraine for 2017-2022.

Рік	Всього автомобільних доріг, км	Темп приросту, %	Всього твердого покриття автомобільних доріг, км	Темп приросту, %	Частка твердого покриття, %
2017	46951,9	-	46929,79	-	99,95
2018	46598,3	-0,75	46576,1	-0,75	99,95
2019	46618,6	0,04	46596,4	0,04	99,95
2020	46654,1	0,08	46631,9	0,08	99,95
2021	46630,1	-0,05	46609,5	-0,05	99,96
2022	46630,1	0,00	46609,5	0,00	99,96

Джерело: сформовано на основі [11]

Протягом досліджуваного періоду відбувалися незначні зміни в загальній довжині автомобільних доріг, а також у частці доріг із твердим покриттям. Особливу увагу слід звернути на поступові коливання темпів приросту, що свідчить про вплив економічних та політичних чинників на дорожню інфраструктуру. У 2017 році загальна протяжність доріг складала 46951,9 км, а вже в 2022 році ця цифра дещо зменшилась до 46630,1 км. Зменшення показників у 2018 році пов'язане з недостатнім фінансуванням або змінами в політиці розвитку дорожньої інфраструктури. Проте у 2019-2020 роках спостерігається невеликий приріст, що свідчить про стабілізацію ситуації. Частка доріг із твердим покриттям залишалася стабільною на рівні 99,95%, що свідчить про високий рівень розвитку дорожньої мережі. Негативні темпи приросту в окремі роки пов'язані з економічними труднощами та відсутністю необхідних інвестицій. У 2021-2022 роках спостерігається стабілізація показників, що вказує на певну рівновагу в розвитку дорожньої інфраструктури, не зважаючи на складні умови війни.

Отже, загальна тенденція показує, що протягом аналізованого періоду розвиток дорожньої мережі був відносно стабільним з незначними коливаннями.

Розподілення автомобільних доріг загального користування за типом покриття та за категоріями наведена на рис.1.

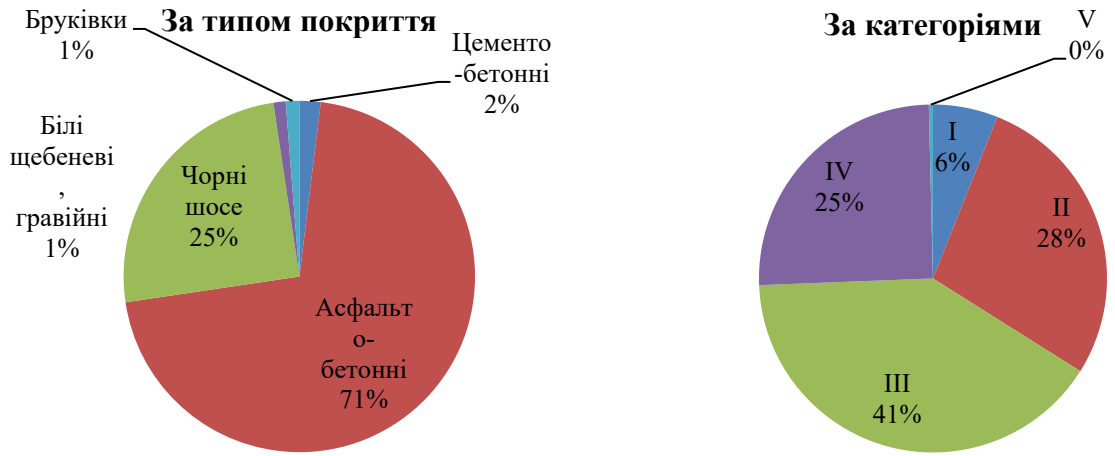


Рисунок 1 **–** Розподілення автомобільних доріг загального користування за типом покриття та за категоріями в Україні в 2022 р.
Джерело: сформовано на основі [11]
Figure 1 **–** Distribution of public highways by type of surface and by category in Ukraine in 2022.
Source: formed on the basis of [11]

Розподілення автомобільних доріг загального користування за типом покриття в 2022 році свідчить про домінування асфальто-бетонних доріг, які займають 70,71% від загальної кількості. Це вказує на те, що асфальто-бетон є основним матеріалом для будівництва доріг в Україні, забезпечуючи надійність і довговічність покриття. Чорні шосе займають друге місце з 24,98%, що також є вагомим показником для країни. Цементо-бетонні дороги складають лише 1,95%, що вказує на високу вартість будівництва та обмежене використання цього матеріалу в певних регіонах. Бруківки та білі щебеневі дороги займають найменшу частку, що свідчить про їх використання в менш завантажених або сільських районах. Така структура розподілу вказує на орієнтацію країни на будівництво доріг із високоякісним покриттям, що відповідає сучасним вимогам до дорожньої інфраструктури.

Розподіл доріг з твердим покриттям за категоріями в 2022 році свідчить про те, що найбільша частка припадає на дороги третьої категорії, які займають 40,46% від загальної кількості. Це дороги, які, як правило, використовуються для міжобласного сполучення та мають помірний рівень завантаженості. Дороги другої категорії займають 27,90%, що вказує на важливість таких доріг для регіонального сполучення. Дороги першої категорії, які є найвищого класу, займають лише 6,03%, що пов'язано з їх високою вартістю будівництва та обмеженим використанням у порівнянні з дорогами нижчих категорій. Дороги четвертої категорії складають 25,23%, що свідчить про їх значну частку в загальній мережі та використання для місцевих сполучень. П'ята категорія доріг займає найменшу частку з 0,38%, що вказує на їх обмежене застосування. Така структура розподілу доріг із твердим

покриттям за категоріями вказує на пріоритетність міжобласного та регіонального сполучення, а також на необхідність подальшого розвитку доріг першої категорії.

Середньозважене значення категорійності автомобільних доріг загального користування наведена на рис.2.

Середньозважене значення категорійності автомобільних доріг загального користування в Україні за 2017-2022 роки показує стабільну тенденцію до зниження з 3,72 у 2017 році до 2,86 у 2022 році, що свідчить про поступове поліпшення якості дорожньої мережі та підвищення частки доріг вищих категорій. У 2018 році спостерігається значне зниження цього показника до 2,87, що пов'язано з активними заходами щодо покращення стану доріг і будівництва нових об'єктів. Протягом наступних років цей показник залишається стабільним на рівні 2,87, що вказує на відсутність суттєвих змін у структурі дорожньої мережі.

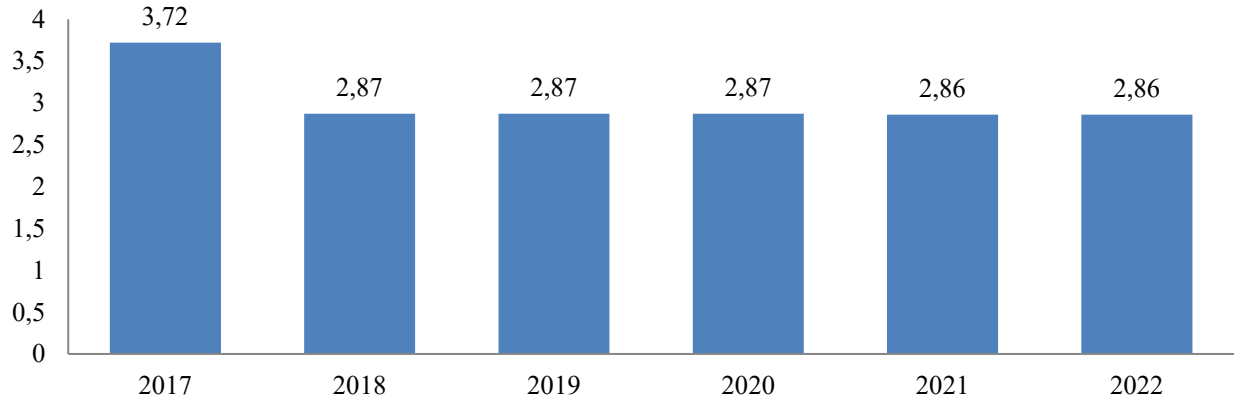


Рисунок 2 – Середньозважене значення категорійності автомобільних доріг загального користування в Україні за 2017-2022 рр.

Джерело: сформовано на основі [11]

Figure 2 – The weighted average value of the categorization of public highways in Ukraine for 2017-2022**.**

Source: formed on the basis of [11]

Середньозважене значення категорійності автомобільних доріг загального користування в Україні за 2017-2022 роки показує стабільну тенденцію до зниження з 3,72 у 2017 році до 2,86 у 2022 році, що свідчить про поступове поліпшення якості дорожньої мережі та підвищення частки доріг вищих категорій. У 2018 році спостерігається значне зниження цього показника до 2,87, що пов'язано з активними заходами щодо покращення стану доріг і будівництва нових об'єктів. Протягом наступних років цей показник залишається стабільним на рівні 2,87, що вказує на відсутність суттєвих змін у структурі дорожньої мережі. Лише в 2021 році середньозважене значення дещо знижується до 2,86, що є результатом подальших інвестицій у модернізацію доріг. Загалом, зниження середньозваженого значення категорійності доріг свідчить про тенденцію до підвищення якості дорожнього покриття, що позитивно впливає на транспортну інфраструктуру країни.

Проведений аналіз стану автомобільних доріг вказує на важливість їхнього своєчасного обслуговування та модернізації, що вимагає використання сучасних методів діагностики. Експлуатаційні якості дороги, такі як міцність, рівність, шорсткість, коефіцієнт зчеплення та знос покриття, є критично важливими для забезпечення безпеки руху та довговічності дорожнього полотна.

Міцність дороги визначає її здатність протистояти динамічним навантаженням від транспортних засобів, що зменшує ризик утворення тріщин та інших дефектів. Рівність покриття впливає на комфортність руху та знос транспортних засобів, адже нерівні поверхні можуть спричиняти підвищену вібрацію. Шорсткість дороги визначає її здатність забезпечувати надійне зчеплення між шинами автомобіля та покриттям, що є особливо важливим у несприятливих погодних умовах. Коефіцієнт зчеплення є показником сили тертя між колесами та дорогою, що впливає на ефективність гальмування та стабільність руху. Знос покриття з часом погіршує експлуатаційні якості дороги, тому своєчасний ремонт є необхідним для підтримання її функціональності [12, с.8]. Важливим є регулярний моніторинг цих параметрів для попередження небезпеки та зменшення витрат на ремонт. Експлуатаційні якості впливають також на економічні витрати, зокрема на паливну ефективність транспортних засобів та вартість технічного обслуговування. Чим кращі ці показники, тим більше часу дорога може експлуатуватися без необхідності капітального ремонту. В цілому, контроль і підтримання експлуатаційних якостей доріг є ключовим завданням для забезпечення надійної та безпечної транспортної мережі.

Способи діагностики експлуатаційного стану автомобільних доріг мають різні підходи до оцінки їхньої ефективності. Кожен спосіб має свої переваги і недоліки, що впливає на вибір методу залежно від конкретних умов і завдань. Важливо розглянути їхні особливості для вибору оптимального підходу до діагностики (табл.2).

Таблиця 2 – Способи діагностики експлуатаційного стану автомобільних доріг
Table 2 – Ways of diagnosing the operational condition of highways

Спосіб	Переваги	Недоліки
Порівняння показників з нормативними значеннями	Висока точність; стандартизованість; простота у використанні; мінімальні витрати.	Залежність від точності нормативів; не враховує індивідуальні особливості доріг; не передбачає глибокого аналізу; потребує актуалізації нормативів.
Якісна оцінка стану дорожнього одягу за кожним параметром	Глибокий аналіз стану кожного показника; можливість врахування індивідуальних особливостей; застосування сучасних технологій; гнучкість у використанні.	Трудомісткість; висока вартість; вимагає високої кваліфікації персоналу; необхідність спеціального обладнання.
Оцінка стану дорожнього одягу за узагальненим показником	Швидкість отримання результатів; комплексний підхід; можливість використання для великих площ; ефективність у плануванні ремонтних робіт.	Може бути неточним для окремих ділянок; вимагає детальної калібровки; необхідність спеціалізованого програмного забезпечення.

Джерело: сформовано на основі [13]

Аналіз способів діагностики експлуатаційного стану доріг показує, що кожен із них має свої специфічні переваги та обмеження. Порівняння показників з нормативними значеннями є простим і стандартизованим підходом, але він може не враховувати особливості окремих ділянок дороги, що може призвести до недооцінки ризиків. Якісна оцінка стану дорожнього одягу за кожним параметром забезпечує більш глибоке дослідження стану дороги, але вимагає значних ресурсів і спеціальних знань, що може обмежувати його застосування. Оцінка за узагальненим показником дозволяє швидко оцінити стан великих площ, але при цьому ризик втрати деталей на окремих ділянках може призвести до

недооцінки потенційних проблем. Вибір конкретного способу залежить від конкретної ситуації, наявних ресурсів та вимог до точності результатів. Комплексний підхід, який поєднує кілька способів, може бути найкращим рішенням для забезпечення надійної оцінки стану дороги. Такий підхід дозволяє врахувати всі необхідні фактори та зменшити ризики недооцінки проблем. Використання сучасних технологій у поєднанні з традиційними методами може значно підвищити ефективність діагностики.

Діагностика експлуатаційного стану доріг здійснюється за допомогою різноманітного обладнання, яке дозволяє оцінити всі ключові показники. Кожен метод має свою специфіку, яка відображає його основне призначення та практичне застосування. Розгляд цих методів дозволяє зрозуміти їхню роль у процесі забезпечення якості дорожнього полотна (табл.3).

Таблиця 3 – Методи діагностики експлуатаційного стану автомобільних доріг
Table 3 – Methods of diagnosing the operational state of highways

Метод	Сутність	Практичне застосування
Лабораторії по виміру рівності	Вимірювання рівності дорожнього покриття з використанням спеціальних датчиків.	Оцінка якості дорожнього покриття на нових ділянках та під час ремонту.
Визначення геометричних параметрів	Аналіз поперечного профілю та нахилу дороги.	Виявлення відхилень у проектних параметрах, що можуть вплинути на безпеку руху.
Визначення коефіцієнта зчеплення	Оцінка сили тертя між шинами та дорожнім покриттям.	Використовується для оцінки безпечності покриття в різних умовах, особливо у випадках дощу або льоду.
Прогиноміри для визначення міцності дорожнього одягу	Вимірювання прогину дорожнього покриття під навантаженням.	Використовується для оцінки несучої здатності дороги та необхідності її ремонту.
Устаткування для візуального обстеження доріг	Візуальна оцінка стану поверхні дороги.	Використовується для швидкого виявлення дефектів та планування ремонтних робіт.

Джерело: сформовано на основі [13]

Різноманітні методи діагностики експлуатаційного стану доріг дозволяють отримати повну картину про якість та безпечність дорожнього полотна. Лабораторії по виміру рівності є незамінними при оцінці нових доріг або після капітальних ремонтів, забезпечуючи відповідність покриття нормативним стандартам. Визначення геометричних параметрів дозволяє своєчасно виявляти відхилення, що можуть вплинути на комфорт і безпеку руху, особливо на складних ділянках дороги. Коефіцієнт зчеплення є важливим показником, який безпосередньо впливає на безпеку дорожнього руху, особливо у складних погодних умовах. Прогиноміри для визначення міцності дорожнього одягу дозволяють оцінити несучу здатність покриття та прийняти рішення щодо необхідності проведення ремонтних робіт. Устаткування для візуального обстеження доріг є швидким і ефективним методом для виявлення поверхневих дефектів, таких як тріщини або вибоїни, що потребують негайного втручання. Комбіноване використання цих методів дозволяє забезпечити високу якість і безпеку доріг, знижуючи витрати на подальші ремонти. Використання сучасних технологій та обладнання підвищує точність і швидкість діагностики, що є важливим фактором у підтриманні дорожньої інфраструктури на належному рівні. Результати діагностики також дозволяють ефективно планувати заходи з утримання доріг, оптимізуючи витрати та забезпечуючи їхню довговічність. Таким чином, діагностика є ключовим етапом у процесі управління дорожньою інфраструктурою.

Серед значної кількості пристроїв для діагностики експлуатаційного стану автомобільних доріг найбільш часто використовуються різноманітні прогиноміри та дефлектометри. Довгобазовий прогиномір, зокрема балка Бенкельмана, є одним із найстаріших і широко використовуваних інструментів, що дозволяє вимірювати прогини дорожнього покриття під навантаженням, визначаючи таким чином його міцність. Дефлектограф Lacroix є більш сучасним варіантом, який дозволяє проводити вимірювання на значних площах дорожнього покриття з високою швидкістю, що робить його ефективним для великих проєктів. Установка SPA (Seismic Pavement Analyzer) використовує сейсмічні хвилі для визначення внутрішніх дефектів у дорожньому покритті, що дозволяє виявляти потенційні проблеми на ранніх стадіях. Динамічні прогиноміри, такі як установки Dynaflect та Road Rater, використовуються для оцінки міцності дорожнього полотна за допомогою динамічних навантажень, що дозволяє отримати більш точні дані в умовах реальної експлуатації. Дефлектометр падаючого вантажу (FWD) є одним із найсучасніших інструментів, який дозволяє моделювати навантаження від транспортних засобів і отримувати точні дані про стан дороги. Установки УДН та УДНнНК використовуються для визначення дефектів на поверхні та у внутрішніх шарах покриття, що є важливим для комплексної оцінки стану дороги. Установка ДИНА-3М є універсальним інструментом, що поєднує кілька методів діагностики, дозволяючи отримувати комплексні дані про стан дорожнього покриття. Установка TSD (Traffic Speed Deflectometer) є інноваційним рішенням, що дозволяє проводити діагностику дорожнього покриття на високих швидкостях без зупинки руху, що значно знижує витрати часу та коштів на дослідження. Використання цих пристроїв дозволяє забезпечити високу якість та ефективність діагностики, що є ключовим чинником у підтриманні дорожньої інфраструктури на належному рівні.

Традиційні підходи до оцінки стану дорожнього покриття можуть бути неефективними, враховуючи складність і масштабність дорожньої мережі. Використання штучного інтелекту в процесі діагностики відкриває нові можливості для підвищення точності і швидкості виявлення дефектів. Це дозволяє забезпечити своєчасне втручання, знижуючи ризики для безпеки та зменшуючи витрати на утримання доріг. Отже, інтеграція сучасних методів діагностики із застосуванням технологій штучного інтелекту стає необхідною умовою ефективного управління дорожньою інфраструктурою.

Використання штучного інтелекту для діагностики стану автомобільних доріг відкриває нові можливості для підвищення точності оцінки та ефективності обслуговування дорожньої інфраструктури. Традиційні методи діагностики, такі як прогиноміри, дефлектометри та інші прилади, забезпечують високий рівень точності, але мають свої обмеження, пов'язані з тривалістю процесу, високою вартістю та необхідністю залучення кваліфікованих фахівців. Технології штучного інтелекту можуть значно прискорити процес обробки даних, автоматизувати їхній аналіз і забезпечити виявлення аномалій у дорожньому покритті на ранніх стадіях. Використання машинного навчання дозволяє системам адаптуватися до змінних умов експлуатації доріг, враховуючи різноманітні фактори, такі як погодні умови, інтенсивність руху та тип покриття. Крім того, штучний інтелект може об'єднувати дані з різних джерел, наприклад, з датчиків, камер та супутникових зображень, що дозволяє створити комплексну модель стану дорожньої мережі. Застосування алгоритмів для прогнозування зносу покриття та визначення оптимальних термінів для проведення ремонтних робіт може суттєво знизити витрати на обслуговування доріг та підвищити їхню безпеку. Використання штучного інтелекту також може забезпечити інтеграцію з системами управління дорожнім рухом, що дозволить своєчасно виявляти проблемні ділянки та оперативно реагувати на виникаючі загрози. Автоматизація процесів діагностики зменшить людський фактор і ймовірність помилок, що підвищить загальний рівень якості

обслуговування дорожньої інфраструктури. Технології штучного інтелекту можуть також сприяти розвитку автономних систем діагностики, які будуть здатні проводити регулярні обстеження доріг без втручання людини, що особливо важливо в умовах зростаючого навантаження на дорожні мережі. У результаті, впровадження штучного інтелекту в діагностику доріг дозволить значно покращити якість управління дорожньою інфраструктурою, знижуючи витрати та підвищуючи безпеку для всіх учасників дорожнього руху.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Аналіз протяжності та розподілення автомобільних доріг загального користування в Україні за 2017-2022 роки демонструє відносну стабільність у розвитку дорожньої мережі. Незважаючи на незначні коливання в темпах приросту, загальна тенденція свідчить про збереження високого рівня частки доріг із твердим покриттям. Розподіл доріг за типами покриття вказує на переважне використання асфальто-бетону, що є найбільш поширеним матеріалом для будівництва доріг в Україні. Категорійність доріг також відображає баланс між різними рівнями інтенсивності руху та важливості сполучень, зокрема переважання доріг третьої та другої категорій. Середньозважене значення категорійності доріг демонструє тенденцію до покращення якості дорожньої мережі, що є позитивним показником розвитку інфраструктури.

Проведений аналіз показав, що сучасні методи діагностики мають свої переваги, проте їхня ефективність обмежена тривалістю процесу та високими витратами. У відповідь на ці виклики пропонується використання технологій штучного інтелекту, які можуть значно підвищити точність діагностики та оптимізувати процеси обслуговування доріг. Штучний інтелект здатний автоматизувати обробку даних, зменшити людський фактор і забезпечити комплексний підхід до оцінки стану дорожньої інфраструктури. Крім того, він може інтегрувати різні джерела інформації для точнішого прогнозування зносу покриття та оптимізації ремонтних робіт. Використання штучного інтелекту у діагностиці дозволить не лише підвищити безпеку дорожнього руху, але й значно знизити витрати на утримання доріг. Таким чином, впровадження інноваційних технологій стане ключовим чинником у майбутньому розвитку дорожньої інфраструктури.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці та впровадженні автономних систем діагностики доріг на основі штучного інтелекту.

Перелік посилань

1. Балашова Ю. Б. Альтернативні матеріали для покриттів автомобільних доріг. Український журнал будівництва та архітектури. 2023. № 2. С. 7-18.

2. Безуглий А. О. Теоретичні аспекти та методичні підходи до визначення розміру шкоди та збитків, завданих автомобільним дорогам внаслідок збройної агресії. Дороги і мости. 2023. № 28. С. 19-27.

3. Беленчук О. В. Визначення рейтингу безпеки автомобільних доріг для обрання пріоритетності проведення їх перевірки безпеки. Дороги і мости. 2022. № 25. С. 222-230.

4. Войтик О. Є. Нормативно-правові аспекти будівництва автомобільних доріг. Демократичне врядування. 2023. № 2. С. 126-136. -

5. Кисельов В. Б. Макроекономічний вплив мережі автомобільних доріг України. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. 2022. № 4. С. 253-259.

6. Кіяшко, І. В. Методика оцінювання естетичної якості автомобільних доріг. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2019. № 86. С. 156-161.

7. Лужицький О. Ф. Відновлення дорожнього покриття залежно від ступеня руйнування

автомобільної дороги. Наука та прогрес транспорту. 2023. № 2. С. 29-44.

8. Неізвестний С. В. Визначення періоду ефективного функціонування автомобільної дороги. Дороги і мости. 2023. № 27. С. 245-252.

9. Сердюк В. Р. Післявоєнне відновлення та зростання обсягів будівництва автомобільних доріг. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2023. № 2. С. 177-184.

10. Цинка А. О. Удосконалення вимог до експлуатаційного стану автомобільних доріг. Дороги і мости. 2023. № 28. С. 80-91.

11. Дані щодо техніко-експлуатаційного стану автомобільних доріг загального користування державного значення в розрізі автомобільних доріг, у тому числі із зазначенням категорії, пікетної прив'язки автомобільної дороги, геометричних та технічних характеристик, показників рівності та міцності, обсяг руйнувань. URL: https://data.gov.ua/dataset/beca8aa5-96a9-46be-ade7-f1b400213af5

12. Кровяков С.О. Наукові основи довговічності в будівництві та експлуатації автомобільних доріг та аеродромів: конспект лекцій. Одеса, 2020. 59 с.

13. Кашканов, А. А. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг та міських вулиць: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 113 с.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF MODERN METHODS FOR DIAGNOSING THE OPERATIONAL CONDITION OF HIGHWAYS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Sokolova Natalia M., PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Transport Construction and Property Management, Associate Professor, National University of Transport, Kyiv, Ukraine e- mail: nata_ns@ukr.net, тел. +380675872662, https://orcid.org/0000-0003-0678-8882

Kozynets Vladislav S., Postgraduate student, National University of Transport, Kyiv, Ukraine, Україна e- mail: hackev31@gmail.com, тел: +380957840710, https://orcid.org/0000-0003-0378-6849

Summary. The purpose of the article is to assess the effectiveness of modern methods of diagnosing the operational condition of roads and the possibilities of their improvement using artificial intelligence technologies. The dynamics of the length of public roads in Ukraine for 2017-2022 is considered, which revealed insignificant changes in the total length of paved roads and partial fluctuations in the growth rate. The analysis of the road surface structure showed the predominance of asphalt-concrete roads, while other types of pavement have a small share. A further analysis of the distribution of roads by category showed a higher share of category III roads, which indicates a significant number of medium quality roads that require regular maintenance. The study also examined modern methods of diagnosing the condition of roads, including comparison of indicators with standard values, qualitative assessment of each parameter, and assessment by a generalized indicator. The advantages and disadvantages of each method were analyzed. A detailed review of the most common road diagnostic devices, such as deflectometers, deflectometers and visual inspection units used to determine the strength, flatness, roughness and other operational qualities of the pavement, was also conducted. Based on the analysis, it is proposed to introduce artificial intelligence technologies to improve the accuracy of road condition assessment and automate diagnostic processes. Artificial intelligence is able to integrate data from various sources, including sensors, cameras and satellites, and create complex models to predict pavement wear and determine the optimal timing of repairs. The introduction of such innovations will significantly increase the efficiency of road infrastructure management, reduce maintenance costs and improve safety for road users. As a result, the development of

artificial intelligence technologies and their application in road diagnostics is becoming an important area for improving the quality of road infrastructure and ensuring the sustainable development of the transport network.

Keywords: roads, road operational condition, road infrastructure management, diagnostic methods, pavement strength, artificial intelligence, process automation

References

1. Balashova, Y.B. (2023), "Alternative materials for road surface", Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury, no. 2, pp. 7-18.

2. Bezuhlyi, A.O. (2023), "Theoretical aspects and methodological approaches to determining the amount of damage and losses caused to roads due to armed aggression", Dorohy i mosty, no. 28, pp. 19-27.

3. Belenchuk, O.V. (2022), "Determination of road safety ranking for prioritizing safety inspections", Dorohy i mosty, no. 25, pp. 222-230.

4. Voityk, O.Ye. (2023), "Regulatory and legal aspects of road construction", Demokratychne vryaduvannia, no. 2, pp. 126-136.

5. Kyseliov, V.B. (2022), "Macroeconomic impact of the road network in Ukraine", Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho, no. 4, pp. 253-259.

6. Kyiashko, I.V. (2019), "Methodology for assessing the aesthetic quality of roads", Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu, no. 86, pp. 156-161.

7. Luzhytskyi, O.F. (2023), "Restoration of road surface depending on the degree of road damage", Nauka ta prohres transportu, no. 2, pp. 29-44.

8. Neizvestnyi, S.V. (2023), "Determination of the period of effective operation of a road", Dorohy i mosty, no. 27, pp. 245-252.

9. Serdiuk, V.R. (2023), "Post-war restoration and growth of road construction volumes", Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi, no. 2, pp. 177-184.

10. Tsynka, A.O. (2023), "Improving requirements for the operational condition of roads", Dorohy i mosty, no. 28, pp. 80-91.

11. Dani shchodo tekhno-ekspluatatsiinoho stanu avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannia derzhavnoho znachennia v rozrizi avtomobilnykh dorih, u tomu chysli iz zaznachenniam katehorii, piketnoi pryviazky avtomobilnoi dorohy, heometrichnykh ta tekhnichnykh kharakterystyk, pokaznykiv rivnosti ta mitsnosti, ob'iem ruinuvannia, "Technical and operational condition data of public state roads by category, alignment, geometric and technical characteristics, evenness and strength indicators, and damage volume", available at: https://data.gov.ua/dataset/beca8aa5-96a9-46be-ade7-f1b400213af5 (Accessed 1 Sept 2024)

12. Krovjakov, S.O. (2020), "Scientific foundations of durability in the construction and operation of roads and airfields: lecture notes", Odesa, 59 p.

13. Kashkanov, A.A. (2017), "Transport and operational qualities of roads and urban streets: textbook", Vinnytsia: VNTU, 113 p.

УДК: 330.341:658
UDC: 330.341:658
DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-259-269

РОЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ У ФОРМУВАННІ ВАРТОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ АКТИВІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ

THE ROLE OF INTELLECTUAL CAPITAL IN THE FORMATION OF THE VALUE OF A TRANSPORT COMPLEX ENTERPRISE IN THE CONDITIONS OF ACTIVATION OF INNOVATIVE ACTIVITIES AND FULL-SCALE WAR



***Спіцина Ангеліна Євгенівна**, кандидат педагогічних наук, доцент, кафедри економіки, Національний транспортний університет, Київ, Україна, angel7a@ukr.net, tel. +380679053181, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1*

https:// orcid.org/0000-0001-9730-6249



***Голова Інна Георгіївна,** аспірант кафедри економіки, Національний транспортний університет, inna.golova@gmail.com, tel. +380677786658, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1*

https://orcid.org/ 0000-0001-9717-7109

Анотація. У статті розкрито сутність та особливу роль інтелектуального капіталу у формуванні вартості підприємства транспортного комплексу. Увага приділена співвідношенню понять інтелектуального капіталу і ділової репутації. Охарактеризовано складові інтелектуального капіталу, що формують вартість підприємства. Окреслено основні завдання управління ринковою вартістю підприємств у контексті розвитку інтелектуального капіталу в умовах активізації інноваційної діяльності та повоєнного відновлення економіки країни..

Метою статті є дослідження наявних теоретичних підходів до визначення категорії «інтелектуальний капітал», його ролі у формуванні вартості підприємства транспортного комплексу. Розгляд підходів до структури категорії, та дослідження наявних основних підходів до оцінки інтелектуального капіталу підприємства.

Методи дослідження. При виконанні дослідження використано метод наукового абстрагування – для з'ясування сутності категорії «інтелектуальний капітал»; метод узагальнення – для виокремлення етапів дослідження проблематики інтелектуального капіталу; метод аналізу й синтезу – при визначенні механізмів впливу інтелектуального капіталу на економічний розвиток суспільства. роль інтелектуального капіталу у формуванні вартості підприємства транспортного комплексу, метод узагальнення (для узагальнення змісту та визначення сутності інтелектуального капіталу підприємств, побудови його структури та формулювання висновків).

Визначено склад економічної категорії «інтелектуальний потенціал», виходячи з узагальнення характеристик на основі наукових розробок дослідників щодо ефективного управління на підприємстві. Виявлено, що існуючі протиріччя між об'єктом та суб'єктом у процесі управління інтелектуальним потенціалом доцільно розв'язувати за допомогою економічних інструментів: ціль, мета, принципи, методи, способи та показники оцінки роботи підприємства.

Ключові слова: інтелектуальний капітал, ринкова вартість, транспортний комплекс, активізація інноваційної діяльності, підприємство, військові дії.

Вступ. Постановка проблеми.

Однією з ключових стратегічно важливих ланок економічної системи держави є транспорт. Ефективна робота транспортної галузі суттєво впливає на підвищення добробуту населення. Транспорт є могутнім сектором економіки, що обслуговує практично всі галузі господарства і всі верстви населення, сприяє розвитку транспортно-економічних зв'язків і покращенню якості життя населення.

До війни транспортна галузь України відігравала важливу роль у розвитку економіки країни. Залізничний, автомобільний, водний, авіаційний та трубопровідний транспорт забезпечували зв'язок між різними регіонами та сприяли розвитку міжнародних відносин.

За останні 11 років транспортний сектор України зазнав значних потрясінь, що призвело до порушення його діяльності та погіршення стану інфраструктури. Позитивні тенденції, такі як інвестиції в інфраструктуру та економічне зростання, були перервані негативними подіями, такими як політична нестабільність, анексія Криму, збройний конфлікт і пандемія COVID-19. Триваюча війна з росією завдала найбільшої шкоди транспортній інфраструктурі та мережам України[16].

Військові дії проти України, підкреслили життєву важливість транспортного сектору для української економіки та суспільства. Від початку війни росія намагається обмежити транспортне сполучення України з країнами-партнерами. Це має вирішальне значення для внутрішнього постачання життєво важливих споживчих товарів і своєчасної доставки міжнародних гуманітарних та оборонних вантажів.

В результаті конфлікту в нашій країні транспортна інфраструктура стала головною мішенню ворога. Внаслідок систематичних обстрілів було пошкоджено 25000 км автомобільних доріг, 6500 км залізничних колій, 315 мостів та 19 аеропортів (12 з них цивільні). Повітряне сполучення з рештою світу було повністю перервано, а порти заблоковано[16].

Незважаючи на всі ці руйнування, завдання компенсувати втрачені промисловістю ресурси було покладено на залізничний та автомобільний транспорт. З моменту введення воєнного стану в Україні саме ці види транспорту почали забезпечувати українську армію зброєю та іншими предметами першої необхідності.

Разом з цим, зміна умов і середовища діяльності автомобільного та залізничного транспорту обумовлюють потребу у перегляді напрямів та ефективних заходів розвитку ринку транспортних послуг України в умовах воєнного часу, що в свою чергу актуалізує завдання комплексного аналізу транспортного ринку країни.

За сучасних особливостей економічного розвитку вирішальну роль у підтримці конкурентоспроможності підприємства відіграє інноваційна діяльність. Саме тому інноваційна активність є гарантією збереження та виживання підприємств транспортного комплексу. Підприємства, які активно запроваджують та застосовують інновації, зможуть зберегти та продовжити свою діяльність. Інноваційно-активними можна назвати підприємства транспортного комплексу, що

вкладають в інновації значні фінансові ресурси та втілюють в життя інноваційні проекти. Щодо українських підприємств транспортного комплексу, то інноваційна активність не є визначальною характеристикою росту та розвитку. Інноваційні процеси можна назвати нестійкими, бо деякі позитивні зрушення були короткостроковими та з часом зміняються протилежними. За таких умов постає необхідність розглянути показники та напрями інноваційної діяльності підприємств транспортного комплексу, з'ясувати причини гальмування інноваційного розвитку та знайти напрями вирішення відповідних проблем[7].

Інноваційна діяльність, у якій провідну роль у генерації ідей відіграють такі категорії, як інтелектуальний капітал й інтелектуальні ресурси, є однією із сучасних тенденцій розвитку не тільки світової та національної економік, але й окремих підприємств транспортного комплексу. Одним з основних факторів, який зумовлює економічний розвиток, є інтелектуальний капітал підприємства. Від інтелектуальних можливостей, які реалізуються у процесі виробництва, надання послуг та збуту продукції та дозволяють отримати фінансові доходи, залежить успішність діяльності підприємства. Враховуючи зростаючу роль людських ресурсів в умовах формування економіки знань, необхідно забезпечити ефективне управління інтелектуальними ресурсами підприємства транспортного комплексу, яке містить акцент на підвищення рівня його компетентності[3].

В умовах війни діджиталізація та використання інформаційних технологій стають критично важливими для розвитку підприємств, оскільки вони забезпечують безперервність бізнес-процесів, оптимізують операції та дозволяють швидко адаптуватися до змінних умов.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження сутності інтелектуального капіталу та його ролі у вартості підприємства проводили такі зарубіжні та вітчизняні вчені, як Л. Едвінсон, Х. Макдональд, М. Мелоун, Т. Стюарт, О.Б. Бутнік-Сіверський, Н.Л.Гавкалова, А.М. Колот, Ю.М. Мельник, О.Б. Мних, О.О. Стрижак, Л.І. Федулова, А.А. Чухно та ін. Проте деякі питання залишилися без достатньої уваги. Процеси управління ефективністю використання інтелектуального потенціалу потребують дослідження в сучасних умовах, враховуючи мінливе агресивне зовнішнє середовище.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є визначення сутності поняття «інтелектуальний потенціал», його ролі у формуванні вартості підприємства транспортного комплексу. та дослідження наявних основних підходів до оцінки інтелектуального капіталу підприємства в умовах активізації інноваційної діяльності та військових дій.

Основна частина. Визначальним фактором розвитку як економіки в цілому, так і окремого підприємства є інформація та знання, особливо в умовах активізації процесів світової глобалізації та прискорення науково-технічного прогресу. Від інтелектуального капіталу залежить конкурентоспроможність як підприємства, так і держави. Усвідомлення цього потребує формування нової парадигми знань про створення, ефективне використання та примноження інтелектуального капіталу, яка стане фундаментом для формування моделей зростання ринкової вартості підприємств транспортного комплексу[17].

Під інтелектуальним капіталом підприємств транспорту розуміється сукупність знань, інформації, досвіду, кваліфікації і мотивації персоналу, організаційних можливостей, каналів і технологій комунікації, спроможна створювати добавлену вартість і забезпечуюча конкурентні переваги підприємств транспорту на ринку транспортних послуг. Він складається з людського та структурного, який, у свою чергу, містить організаційний та споживчий[6].

Вартість підприємства та його здатність функціонувати на ринку протягом тривалого періоду часу визначається насамперед відповідним вибором і управлінням створеними джерелами. Сьогодні

основними джерелами формування вартості підприємства визнаються нематеріальні активи (наприклад, інтелектуальний капітал)[4].

В процесі оцінки вартості підприємств використовується значна кількість методів і способів такої оцінки. Окремі методи мають ряд модифікацій і різновидів, що створює додаткові складності при їх ідентифікації та використанні. У зарубіжній та вітчизняній практиці оцінки вартості майна найбільшого поширення дістали три методичні підходи до оцінки вартості підприємства:

- заснований на оцінці потенційних доходів підприємства;
- майновий (витратний);
- ринковий.

В процесі використання цих підходів розрізняють окремі методи оцінки. Причому жоден з підходів чи методів не має принципових переваг перед іншими. В практичній роботі з оцінки вартості підприємства оцінювач, як правило, застосовує кілька методичних підходів, що найповніше відповідають конкретним умовам, об'єктам та меті оцінки, наявності й достовірності інформаційних джерел для її проведення[5].

Позиції підприємства на галузевому ринку, зумовлені його спеціалізацією, є результатом, по-перше, впливу на нього (як і на його найближчих конкурентів) ряду факторів різного походження та інтенсивності, по-друге, здатність менеджменту нейтралізувати загрози та ризики, що їх супроводжують. Кінцевим результатом цієї «боротьби протилежностей» є норма прибутку на вкладений у бізнес капітал. Чим він вищий, тим успішнішим вважається бізнес, а отже, і його ринкова ціна. Потреба в отриманні інформації про це, максимально наближеної до поточної дійсності, очікуваних перспектив, виникає під час переговорів про оренду чи продаж підприємств (загалом чи лише певної частки корпоративних прав); додатковий випуск цінних паперів; при розробці планів реорганізації (злиття, приєднання). Цей перелік є далеко не вичерпним і постійно доповнюється відповідно до нагальних потреб суб’єктів господарювання незалежно від їх спеціалізації, форми власності та розміру.

Оцінка підприємства здійснюється, як правило, на базі ринкової вартості - ймовірної суми грошей, за яку можливі купівля-продаж об'єкта оцінки на ринку [4].

У літературних джерелах, нормативних актах наводяться численні принципи, яких слід дотримуватися при здійсненні оцінки вартості підприємства. До основних з них слід віднести такі принципи: заміщення, корисності, очікування, зміни вартості, ефективного використання, розумної обережності оцінок, альтернативності оцінок.

Встановлення ринкової вартості бізнесу - це цілеспрямований, упорядкований процес визначення ринкової вартості об'єкта в грошах з урахуванням факторів, що на неї впливають, у конкретний момент часу в умовах конкретного ринку. Сьогодні інтелектуальний капітал є одним із факторів, що формують вартість підприємства транспортного коммплексу та здатних суттєво її збільшити. Показники ефективності використання інтелектуального капіталу в Україні слабко інтегровані у систему динамічної економічної безпеки країни та окремих регіонів у напрямі просування на ринок перспективних технологій. При цьому кількісний зв'язок між зусиллями компанії щодо створення інтелектуального капіталу (витратами на формування інтелектуальних активів), з одного боку, та інтегральними показниками ефективності її функціонування (наприклад, ринковою вартістю) – з іншого, досить неоднозначний. Саме тому виникають питання щодо ефективності внутрішньокорпоративних процесів трансформації інформації та інших ресурсів в інтелектуальні активи, що мають реальну ринкову вартість, створення відповідних структур управління, а також

формування дієвих економічних механізмів цілеспрямованого стимулювання процесів накопичення та освоєння інтелектуального капіталу суб'єктами господарювання. Усвідомлення важливості інтелектуального капіталу до створення вартості підприємства необхідно для реалізації конкурентних переваг і отримання фінансових результатів, які перевищують середньо ринкові.

Деякі дослідники пояснюють здатність інтелектуального капіталу створювати вартість його специфічними властивостями: зростаючою віддачею від масштабу та мережевими ефектами. Інтелектуальний капітал - це ресурс, що характеризує знання, інтелектуальний потенціал підприємства і є одним із сучасних критеріїв визначення конкурентоспроможності підприємства та його ринкової вартості. Систематизуємо сутність поняття інтелектуального капіталу (табл. 1).

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновок, що інтелектуальний капітал визначається через його структуру, яка зумовлена наявністю людських знань, досвіду, навичок та організаційних факторів, а при їх складній взаємодії цінність і вартість підприємства на ринку збільшується. Слід зазначити, що інтелектуальний капітал відіграє особливу роль у сучасних процесах трансформації відносин з працівниками та клієнтами на етапі побудови інформаційної економіки.

- інтелектуальний капітал виступає не тільки як капітал, але й відображає стратегічне бачення топ-менеджерів щодо подальших перспектив бізнесу;
- працівники розглядаються не як об’єкт затрат, а як об’єкт важливих інвестицій;
- кар’єра влади залежить не від нині займаної посади, а від здібностей і ділової репутації працівника;
- стиль керівництва з мінімізацією функцій нагляду і контролю;
- в організаційній структурі пріоритетним є не ієрархічний тип її побудови, а мережева структура переважно горизонтального типу (віртуальний зв’язок з клієнтами і працівниками);
- основний акцент в стратегічних рішеннях роблять не в бік зміцнення конкурентних переваг, скільки на співпрацю з наявними і потенційними конкурентами[17].

Дослідження особливостей оцінки і вимірювання структурних елементів інтелектуального капіталу як фактора формування ринкової вартості підприємства привело до розуміння, що його величина визначається як ідентифікована сукупність технологічних, ринкових та людських ресурсів підприємства, які набувають грошового вираження через показник наднормативної прибутковості власного капіталу.

Особливої уваги заслуговує співвідношення понять інтелектуального капіталу та ділової репутації. Поява цієї категорії зумовлена бажанням експертів пояснити різницю між ринковою капіталізацією підприємств і балансовою вартістю їх активів. Спочатку ця різниця виникла серед потужних добувачів сировини (нафти, газу тощо), потім лідирували високотехнологічні компанії. Зараз така різниця спостерігається в будь-якій компанії, яка змогла забезпечити конкурентні переваги, очевидні для споживачів та інвесторів, і намагається підвищити їх рівень. У розвинутих країнах частка галузей економіки з інтенсивним використанням інтелектуального капіталу сьогодні становить понад 50 %, що пояснює значний вплив інтелектуальної власності на динаміку ВВП і зростання фінансових результатів (їх частка у прирості ВВП становить 80- 95%), а дохід від продажу ліцензій на запатентовані об’єкти промислової власності становить понад 100 млрд доларів [15]. До певного часу деяка інформація є комерційною таємницею, що може бути вагомим фактором отримання надприбутків через ефект інформаційної асиметрії.

Таблиця 1 – Систематизація визначень категорії «інтелектуальний капітал»
Table 1 – Systematization of definitions of the category "intellectual capital"

Автори	Визначення
Бутнік-Сіверський О.	Створений або придбаний інтелектуальний продукт, який має вартісну оцінку, об'єктивований та ідентифікований, що утримується підприємством із метою отримання прибутку (додаткової вартості)
Брукінг Е.	Сукупність нематеріальних активів, які можуть бути використані для створення вартості і без яких компанія не може існувати та розвивати конкурентні переваги
Гавкалова Н.	Інтелектуальні ресурси, що втілені в сукупності наукових, професійних і загальних знань працівників, їхньому досвіді, уміннях, навичках, які створюють продукти інтелектуальної діяльності, які можуть належати як його винахідникові, так й іншим суб'єктам господарювання, а також використовуються з метою отримання додаткової вартості
Едвінсон Л,, Мелоун М	Особливе поєднання людського (реальні та потенційні інтелектуальні здібності, а також відповідні практичні навички працівників компанії) та структурного капіталу (його складові задають такі специфічні фактори, як: зв'язки зі споживачами, бізнес - процеси, зв'язки зі споживачами, бази даних, бренди, IT- системи.
Кендюхов О.	Здатні створювати вартість інтелектуальних ресурсів підприємства, представлених людським і машинним інтелектом, а також інтелектуальними продуктами, створеними самостійно чи залученими як засоби створення нової вартості
Колот А.	Інтелектуальний капітал – є перетворення інтелекту на провідний ресурс економічного розвитку та зростання
Стрижак О.	Сукупність здібностей і знань, які мають економічну цінність і використовуються у виробничій системі з метою створення інноваційного потенціалу й отримання
Федулова Л.	Інтелектуальний капітал - це збірне поняття для позначення виключно нематеріальних цінностей
Шульга Ж.	Інтелектуальний капітал - сукупність усіх матеріальних і нематеріальних активів, які надають його власнику значних переваг у будь- якій сфері діяльності.
Чухно А.	Капітал, що акумулює наукові та професійно-технічні знання працівників, поєднує інтелектуальну працю й інтелектуальну власність, нагромаджений досвід, спілкування, організаційну структуру, інформаційні мережі — усе те, що визначає імідж фірми та зміст її бізнесу

Слід зазначити, що лише через 18 років розвитку незалежної держави, 23 лютого 2006 року, в Законі України «Про цінні папери та фондовий ринок» № 3480 IV було введено правове поняття «інсайдер» та «інсайдер». та «інсайдерська інформація», що відноситься до сфери біржової торгівлі [3].

Для успішного формування інтелектуального капіталу підприємства необхідна ефективна взаємодія, взаємопроникнення різних видів інтелектуального капіталу, створення при цьому синергетичного ефекту. Зокрема, тільки при перехресному впливі одних частин інтелектуального капіталу на інші здійснюється перенесення і закріплення знань зі сфери взаємодії із зовнішніми

контрагентами у внутрішні корпоративні системи з метою подальшого використання співробітниками [9].

Інтелектуальний капітал підприємства потребує розвиненої системи управління, яка виступає у вигляді реально існуючої структури, за допомогою якої управління набуває конкретного змісту, а функція управління інтелектуальним капіталом – практичну реалізацію.

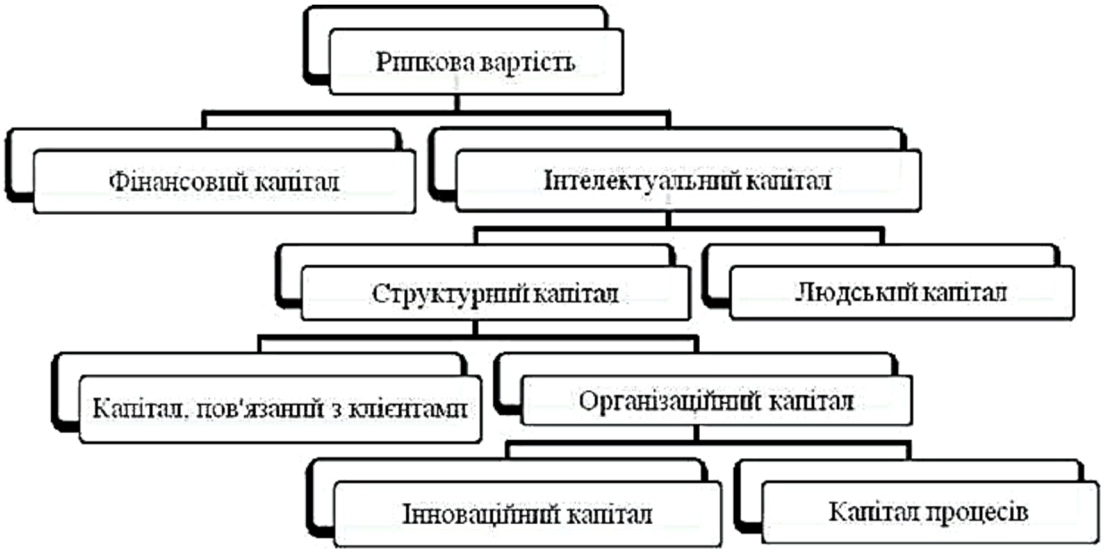


Рисунок 1 – Структура інтелектуального капіталу в ринковій вартості
Figure 1 – Structure of intellectual capital in market value

Постійно виникають нові джерела формування доданої вартості та, відповідно, об’єкти вартісних відносин (зокрема, електронний бізнес, маркетингові інформаційні системи, стратегії розвитку інтелектуального капіталу тощо), суб’єкти регулювання ринку інтелектуальної власності. У сучасному інформаційно-економічному просторі необхідно сформулювати критерії вибору технологій доступу до джерел, оскільки глобалізація бізнесу супроводжується зростанням масштабів прямих іноземних інвестицій та впровадженням змішаних технологій корпораціями, що поєднують первинні та похідні цінні папери[3].

Завданнями управління ринковою вартістю підприємств транспортного комплексу у контексті розвитку інтелектуального капіталу є:

- забезпечити більш швидке зростання темпів підвищення вартості нематеріальних активів порівняно з матеріальними (інформація та знання замінюють фізичні та фінансові активи);
- створювати умови для стимулювання накопичення знань та їх практичної реалізації;
- виявити приховані знання співробітників і цінну інформацію на споживчому кінці ланцюжка створення вартості;
- перетворити корпоративний інтелект на систему управління знаннями та активами інтелектуального капіталу;
- органічно інтегрувати досвід кожного співробітника та бізнес-партнерів в окремі функції та завдання стратегічного розвитку;
- відокремлювати справжні знання від (надлишку інформації) на основі використання стратегічних методів – цілей та оцінок;

- створити на підприємстві умови для низхідної матеріалізації виробництва (дематеріалізації) через удосконалення політики підтримки прийняття рішень і використання спеціальних метрик - для управління змінами, інноваціями, проблемами, фінансами, відносинами з бізнесом.

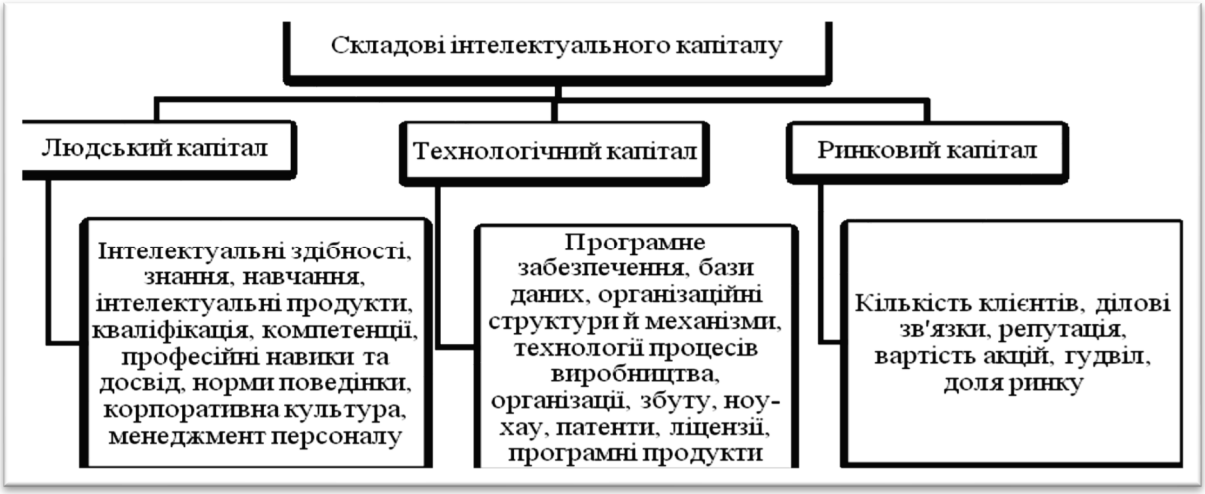


Рисунок 2 – Складові інтелектуального капіталу для формування вартості підприємства
Figure 2 – Components of intellectual capital for the formation of enterprise value

Важливим об’єктом і суб’єктом управління повинні бути високопрофесійні працівники транспортного комплексу, робота яких дозволяє комерціалізувати знання шляхом патентування (політика винагороди таких працівників, преміювання, страхові поліси для всієї родини тощо).

Висновки. У сучасних умовах функціонування необхідна зміна управлінських функцій держави, які припускають активізацію ролі регулятора та координатора, створюваної системи ринкового обігу результатів інтелектуальної діяльності, що забезпечує формування національної інноваційної системи як одного з основних джерел стійкого економічного зростання. Держава повинна створювати сприятливі для інноваційних підприємств транспорту економічні й організаційно-правові умови для розширення масштабів інтелектуальної діяльності, створення інноваційних продуктів, трансферу новітніх технологій, проектування бізнесу, наукового консультування, інформаційно-аналітичного забезпечення всіх суб’єктів ринкової економіки.

У реальній практиці менеджменту, відповідно до складових інтелектуального капіталу, на ринкову вартість підприємства можуть впливати не лише конкретні інноваційні технології та продуктові бізнес-проекти, а й організація та комунікації бізнесу (маркетинг відносин або афілійований маркетинг), рівень поінформованості стейкхолдерів про даний об’єкт дослідження, горизонт дії стратегічно важливих суміжних проектів, заходи антимонопольної політики, термін дії патентів, обмеження на ринках капіталу, праці, політична підтримка дій менеджерів, дивідендна політика , і т. д. Для підприємств, де основним пріоритетом є інтелектуальний капітал, сама мережева організація, а не ієрархія, є основною організаційною структурою, оскільки сам процес накопичення та збагачення знань виявляє обмеження пірамідальної організації праці та управління в перевазі мережевої форми організації бізнесу, яка створює додану вартість як найціннішу та інформаційну набагато швидше, ніж ієрархічна.

Перелік посилань

1.Андрющенко К. Інтелектуальний капітал підприємства: сучасні тенденції оцінювання та управління. *Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту*. 2015. № 2. С. 53–60. http://194.44.12.92:8080/jspui/handle/123456789/1520

2.Андрухів В. Як український бізнес готується до відновлення після війни. URL: https://mind.ua/openmind/20255407-yak-ukrayinskij-biznes-gotuetsya-do-vidnovlennya-pislya-vijni (дата звернення: 30.06.2024)

3.Бутнік-Сіверський О. Б. Інтелектуальний капітал (теоретичний аспект) [Електронний ресурс]. Реж. доступу: http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/9823/1/intelektualnii_kapital.pdf

4.Воронков Д.К. Вплив чинників на формування ринкової вартості промислового підприємства / Д.К. Воронков Л.С. Запасна // *Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*. - 2012. - С. 99-102.

5.Воронін А.В. Системний підхід до управління вартістю підприємства. *Економіка і організація управління.* 2016. № 3(23). С. 148–155.

6.Ілляшенко С., Шипуліна Ю., Ілляшенко Н., Комарницька Г. Управління знаннями в системі інноваційного розвитку організації. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2017. № 1. С. 231–241. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/72779/1/ pdf

7.Інноваційний шлях розвитку українського суспільства потребує нової економічної стратегії / М. Паладій // *Інтелектуальна власність.* - 2014. - № 9. - С. 3-6.

8.Edvinsson L. Intellectual Capital: realizing your company's true value by fi nding its hidden brainpower (1sted.) / L. Edvinsson, M. Malone. — N.Y.: Harper Business, 1997. 230 p.

9.Колот А.М. Інноваційна праця та інтелектуальний капітал у системі факторів формування економіки знань / А.М.Колот // *Економічна теорія.* –2007. № 2. С. 3 –13.

10.Лучникова Т. П., Тарновська І.В., Воробйов Є.В. Адаптація транспортних підприємств України до умов воєнного стану. *БізнесІнформ*. 2023. №1. URL:

https://www.business-inform.net/export_pdf /business-inform-2023-1_0-pages-116_122.pdf

11.Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Закон України від 30 травня 2018 року № 430-р. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-р. (дата звернення: 10.10.2023)

12.Слюсаренко О.О. Інноваційна активність в України: стан і проблеми розвитку / [Електронний ресурс]. - Режим доступу : URL://8Iop-оган£е.ицо2.т/пет/2007-08-13-736

13. Собко О. Інтелектуальний капітал підприємства: концептуалізація – функціонування – розвиток: монографія. Тернопіль: Крок, 2014. 360 с.

14.Спіцина А.Є. Інноваційні технології управління персоналом транспортної галузі в епоху цифрової економіки./ *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки"*: https://www.inter-nauka.com/issues/economic2023/12/9635

15. Томчук О.Ф., Головченко Я.О. Аналітична оцінка послуг вантажних перевезень в умовах воєнного стану. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 53. URL: https://economyandsociety.in.ua /index.php/journal/article/view/2706

16.Функціонування транспортного сектору України в умовах правового режиму воєнного стану. *niss.gov.ua: веб-сайт*. URL:https://niss.gov.ua/news/komentariekspertiv/funktsionuvannya-transportnohosektoru-ukrayiny-v-umovakh-pravovoho

17. Шульга Ж. О. Інтелектуальний капітал як об'єктивна економічна категорія [Електронний

ресурс] / Ж. О. Шульга // *Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу.* 2010. № 2 (10). С. 106-111. Режим доступу: URL //№№№.пЬиу.§оу.иа/рогіа1/8ос_Оит/УЬишЬ/ 2010_2/19.ргїГ

THE ROLE OF INTELLECTUAL CAPITAL IN THE FORMATION OF THE VALUE OF A TRANSPORT COMPLEX ENTERPRISE IN THE CONDITIONS OF ACTIVATION OF INNOVATIVE ACTIVITIES AND FULL-SCALE WAR

Spitsyna Anhelina Ye., Ph.D., Associate Professor of the Department of Economics National Transport University, Kyiv, Ukraine, angel7a@ukr.net, tel. +380679053181, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, https://orcid.org/0000-0001-9730-6249

Golova Inna G., graduate student of the Department of conomics, National Transport University, Kyiv, Ukraine, inna.golova@gmail.com, tel. +380677786658, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovich-Pavlenko, 1https://orcid.org/ 0000-0001-9717-7109

Abstract. The article reveals the essence and special role of intellectual capital in the formation of the value of the enterprise of the transport complex. Attention is paid to the relationship between the concepts of intellectual capital and business reputation. The components of intellectual capital that form the value of the enterprise are characterized. The main tasks of managing the market value of enterprises in the context of the development of intellectual capital in the conditions of the activation of innovative activities and the post-war recovery of the country's economy are outlined. The purpose of the article is to study the available theoretical approaches to the definition of the category "intellectual capital", its role in the formation of the value of the enterprise of the transport complex. Consideration of approaches to the structure of the category, and research of existing main approaches to the assessment of the intellectual capital of the enterprise. Research methods. During the research, the method of scientific abstraction was used - to clarify the essence of the category "intellectual capital"; the method of generalization - to distinguish the stages of the research of intellectual capital issues; the method of analysis and synthesis - when determining the mechanisms of influence of intellectual capital on the economic development of society. the role of intellectual capital in the formation of the value of the enterprise of the transport complex, the generalization method (for summarizing the content and determining the essence of the intellectual capital of enterprises, building its structure and formulating conclusions). The composition of the economic category "intellectual potential" was determined, based on the generalization of characteristics based on scientific developments of researchers regarding effective management at the enterprise. It was found that the existing contradictions between the object and the subject in the process of managing intellectual potential should be resolved with the help of economic tools: the goal, purpose, principles, methods, methods and indicators of evaluating the enterprise's work.

Keywords: intellectual capital, market value, transport complex, activation of innovative activity, enterprise, military actions.

References

1.Andryuschenko K. Intelektualniy kapItal pIdpriEmstva: suchasnI tendentsIYi otsInyuvannya ta upravlInnya. Naukoviy vIsnik NatsIonalnoYi akademIYi statistiki, oblIku ta auditu. 2015. # 2. S. 53–60. http://194.44.12.92:8080/jspui/handle/123456789/1520

2.AndruhIv V. Yak ukraYinskiy bIznes gotuEtsya do vIdnovlennya pIslya vIyni. URL: https://mind.ua/openmind/20255407-yak-ukrayinskij-biznes-gotuetsya-do-vidnovlennya-pislya-vijni (data zvernennya: 30.06.2024)

3.ButnIk-SIverskiy O. B. Intelektualniy kapItal (teoretichniy aspekt) [Elektronniy resurs]. Rezh. dostupu: http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/9823/1/intelektualnii_kapital.pdf

4.Voronkov D.K. Vpliv chinnikIv na formuvannya rinkovoYi vartostI promislovogo pIdpriEmstva / D.K. Voronkov L.S. Zapasna // VIsnik Donetskogo natsIonalnogo unIversitetu ekonomIki I torgIvlI ImenI Mihayla Tugan-Baranovskogo. - 2012. - S. 99-102.

5.VoronIn A.V. Sistemniy pIdhId do upravlInnya vartIstyu pIdpriEmstva. Ekonomika i organizatsiya upravlinnya. 2016. # 3(23). S. 148–155.

6.Illyashenko S., ShipulIna Yu., Illyashenko N., Komarnitska G. UpravlInnya znannyami v sistemI Inno¬vatsIynogo rozvitku organIzatsIYi. Marketing I menedzhment InnovatsIy. 2017. # 1. S. 231–241. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/72779/1/ pdf

7.InnovatsIyniy shlyah rozvitku ukraYinskogo suspIlstva potrebuE novoYi ekonomIchnoYi strategIYi / M. PaladIy // Intelektualna vlasnIst. - 2014. - # 9. - S. 3-6.

8.Edvinsson L. Intellectual Capital: realizing your company's true value by fi nding its hidden brainpower (1sted.) / L. Edvinsson, M. Malone. — N.Y.: Harper Business, 1997. 230 p.

9.Kolot A.M. InnovatsIyna pratsya ta Intelektualniy kapItal u sistemI faktorIv formuvannya ekonomIki znan / A.M.Kolot // EkonomIchna teorIya. –2007. # 2. S. 3 –13.

10.Luchnikova T. P., Tarnovska I.V., Vorobyov E.V. AdaptatsIya transportnih pIdpriEmstv UkraYini do umov voEnnogo stanu. BIznesInform. 2023. #1. URL:

https://www.business-inform.net/export_pdf /business-inform-2023-1_0-pages-116_122.pdf

11.Pro shvalennya NatsIonalnoYi transportnoYi strategIYi UkraYini na perIod do 2030 roku : Zakon UkraYini vId 30 travnya 2018 roku # 430-r. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-r. (data zvernennya: 10.10.2023)

12.Slyusarenko O.O. InnovatsIyna aktivnIst v UkraYini: stan I problemi rozvitku / [Elektronniy resurs]. - Rezhim dostupu : URL://8Ior-ogap

13. Sobko O. Intelektualniy kapItal pIdpriEmstva: kontseptualIza¬tsIya – funktsIonuvannya – rozvitok: monografIya. TernopIl: Krok, 2014. 360 s.

14.SpItsina A.E. InnovatsIynI tehnologIYi upravlInnya personalom transportnoYi galuzI v epohu tsifrovoYi ekonomIki./ MIzhnarodniy naukoviy zhurnal "Internauka". SerIya: "EkonomIchnI nauki": https://www.inter-nauka.com/issues/economic2023/12/9635

15. Tomchuk O.F., Golovchenko Ya.O. AnalItichna otsInka poslug vantazhnih perevezen v umovah voEnnogo stanu. EkonomIka ta suspIlstvo. 2023. Vip. 53. URL: https://economyandsociety.in.ua /index.php/journal/article/view/2706

16.FunktsIonuvannya transportnogo sektoru UkraYini v umovah pravovogo rezhimu voEnnogo stanu. niss.gov.ua: veb-sayt. URL:https://niss.gov.ua/news/komentariekspertiv/funktsionuvannya-transportnohosektoru-ukrayiny-v-umovakh-pravovoho

17. Shulga Zh. O. Intelektualniy kapItal yak ob’Ektivna ekonomIchna kategorIya [Elektronniy resurs] / Zh. O. Shulga // VIsnik Berdyanskogo unIversitetu menedzhmentu I bIznesu. 2010. # 2 (10). S. 106-111. Rezhim dostupu: URL //###.pЬiu.§ou.ia/rogIa1/8os_Oit/UЬishЬ/ 2010_2/19.rgYiG

УДК 656.13:658 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-270-282**
UDC 656.13:658

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ФАКТОРІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ ТА АДАПТАЦІЇ СТРАТЕГІЙ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОВАЙДЕРІВ

IDENTIFICATION OF EXTERNAL ENVIRONMENT FACTORS IN THE PROCESS OF DEVELOPMENT AND ADAPTATION OF LOGISTICS PROVIDERS' STRATEGIES



Волинець Людмила Миколаївна, *кандидат економічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного права та логістики, e-mail: Volinec_3@ukr.net, тел. +380979022993,*

https://orcid.org/ 0000-0002-5064-2349



Янішевський Андрій Андрійович, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти кафедри транспортного права та логістики, Національний транспортний університет, e-mail: yanishevskyiandrii@gmail.com, тел. +380958682621,*

https://orcid.org/0009-0002-2700-803X



Волинець Яна Євгеніївна, *здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, e-mail: V.yana.ntu@gmail.com, тел. +380681773457,*

https://orcid.org/0009-0006-6021-6198

Анотація. Стаття присвячена дослідженню впливу факторів зовнішнього середовища на процес формування стратегій логістичними провайдерами в Україні. У роботі міститься класифікація зовнішніх чинників, проаналізовано тенденції щодо зростання впливу їх значущості на процеси стратегічного управління і забезпечення довготривалої стійкості транспортно-логістичних компаній України. Розглядається механізм ідентифікації та аналізу розвитку подій у зовнішньому середовищі, які впливають на стратегічне управління логістичним підприємством, що передбачає сканування, прогнозування та оцінювання впливу кожної тенденції на організацію. Охарактеризовано методи прогнозування, які може використовувати підприємство для передбачення змін зовнішнього середовища. Визначено стратегічні підходи щодо реагування на зміни факторів зовнішнього середовища логістичним підприємством.

Ключові слова: логістичний провайдер; підприємства стратегічне управління; мікросередовище; макросередовище; стратегії реагування на зміни середовища; PESTEL-аналіз.

Вступ. Запорукою розробки ефективної стратегії для логістичного підприємства є проведення оцінки потенціалу підприємства, визначення перспектив його розвитку і впливу зовнішнього середовища на його діяльність. Логістичні провайдери є відкритими системами, що прагнуть до встановлення складних взаємозв'язків між учасниками суспільного виробництва, характеризуються підвищеною динамічністю та складністю передбачення впливу факторів на формування прибутку [1]. У зв'язку з цим набуває важливості визначення факторів зовнішнього середовища та їх впливу на стратегічний розвиток логістичних провайдерів в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз теоретико-методологічних засад стратегічного менеджменту, оцінки впливу факторів зовнішнього середовища на стратегічну діяльність підприємства висвітлено у дослідженнях І. Ансоффа, Т.Воркут, М. Портера, Р. Каплана, Д. Нортона, А. Стрікленда, М. Мескона, М. Хітта, Р. Хоскіссона, Ю. Ковтуненка, І. Падеріна, К. Мельникової тощо. Проте потребують більш глибокого дослідження та систематизації механізми ідентифікації та аналізу розвитку подій у зовнішньому середовищі, а також відповідні дії менеджерів логістичного підприємства для ефективного реагування на зміни, які постійно відбуваються у середовищі функціонування підприємства.

Метою статті є дослідження теоретичних і практичних засад сутності та особливостей впливу факторів зовнішнього середовища на стратегічну діяльність логістичного підприємства та відповідних управлінських стратегій реагування на зміни в його оточенні.

Викладення основного матеріалу. В умовах нестабільності зовнішнього середовища та постійних кризових потрясінь значно ускладнюється функціонування підприємств логістичної діяльності, які змушені знаходити нові методи та механізми для збереження позицій на ринку та отримання прибутку. Запорукою виживання і розвитку є сформована стратегія та її дієве впровадження на підприємстві [2]. Під стратегією підприємства розуміють визначення довгострокових цілей і пріоритетів підприємства, формування переліку і моделі дій та розподіл ресурсів, необхідних для їх досягнення [3]. Місія підприємства та його основні цінності, які її супроводжують, залишаються досить стабільними протягом тривалого часу. Стратегія ж розробляється та розвивається з часом, щоб відповідати мінливим умовам, спричиненим зовнішнім середовищем [4].

Під час розробки стратегії під факторами зовнішнього середовища розуміють сили, які існують поза межами організації, але мають потенціал і значний вплив на її виживання та зростання. Зовнішнє середовище забезпечує логістичне підприємство ресурсами, які необхідні організації для створення товарів і послуг, є джерелом можливостей і загроз для організації, створює умови для конкуренції між підприємствами – саме тому воно є важливим при формуванні стратегії організації [5].

Зовнішні стратегічні фактори походять від тенденцій і подій макро- та мікрозовнішнього середовища. Визнання та розуміння зовнішніх стратегічних факторів є однією з головних причин відмінностей у продуктивності між організаціями. Зовнішні стратегічні фактори впливають на типи розроблених продуктів, характер позиціонування та стратегії сегментації ринку, тип пропонованих послуг. Виявлення та оцінка зовнішніх можливостей і загроз дозволяє організаціям розробити чітку місію та розробити стратегії для досягнення цілей організації.

Бізнес не може впливати на зовнішні аспекти, але може відповідно реагувати на їх зміни. Основна проблема для керівників логістичних підприємств полягає в тому, щоб мати можливість завчасно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі, що залежить від швидкості виявлення будь-які зміни. Про деякі фактори зовнішнього середовища, такі як економічні умови, щодня повідомляють ЗМІ, і менеджери мають велику кількість інформації, на основі якої можна розробляти стратегічні

плани. Однак деякі зовнішні чинники може бути важко визначити, темпи їх змін дуже повільні або приховані.

Місце зовнішнього середовища в стратегічному управлінні логістичним підприємством представлено на рисунку 1.

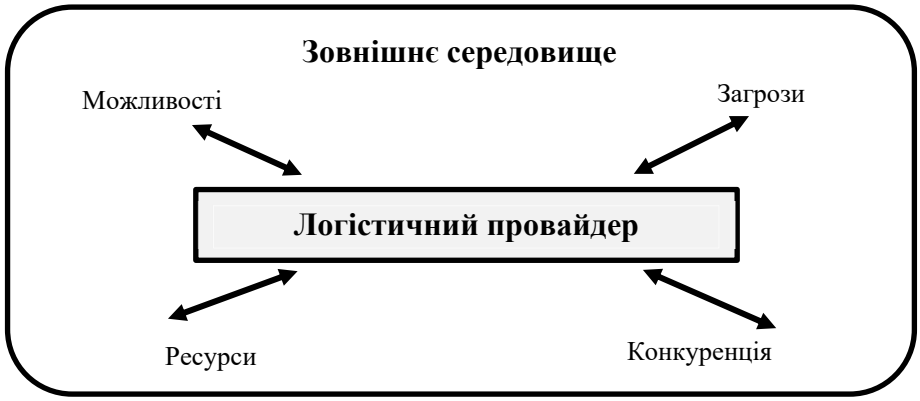


Рисунок 1 – Місце зовнішнього середовища в стратегічному управлінні логістичним підприємством

Figure 1 – External environment in strategic management of a logistics enterprise

Зовнішні стратегічні фактори організації оцінюються як тенденції, які мають різну ймовірність появи та різну ймовірності впливу на організацію. Ті тенденції, які вважаються стратегічними факторами, попередньо класифікуються як можливості та загрози, включаються до стратегічного формулювання.

Зовнішнє середовище складається з 2 компонентів: макросередовище (загальне середовище) та мікросередовище (галузеве середовище). Аналіз макросередовища зосереджується на загальних тенденціях та їх наслідках. Аналіз мікросередовища зосереджується на галузевих подіях, що впливають на потенціал прибутковості логістичної діяльності. У поєднанні результати цих двох аналізів впливають на бачення фірми, її місію, цілі, вибір стратегій і тактику конкурентоспроможності, яка буде використовуватися для реалізації цих стратегій.

Макросередовище (загальне середовище) є основним компонентом зовнішнього середовища, що породжує загальні тенденції та події, що у свою чергу, визначають зовнішні стратегічні чинники та класифікують можливості, якими фірма може скористатися для просування свого бізнесу, і представляють загрози, що можуть накласти обмеження на розширення ділової діяльності. Загалом макросередовище впливає на цілі та стратегії фірми та на прийняття нею довгострокових рішень.

Макросередовище складається з 6 сил (вимірів), які впливають на логістичну галузь та підприємства в ній: політично-правова, соціокультурно-демографічна, технологічна, екологічна, економічна [6].

Кожна сила макросередовища створює тенденції та події, які можуть бути критичними лише для конкретних підприємств чи галузей. Цей феномен визначає стратегічні фактори фірми, тобто тенденції та події, які відіграють важливу роль у визначенні можливостей і загроз, що мають вирішальне значення для цілей і стратегій підприємства.

Таблиця 1 – Вплив факторів макросередовища на формування стратегії логістичного підприємства.

Table 1 – Influence of macro-environmental factors on the formation of the strategy of a logistics enterprise

Фактори макро-середовища	**Вплив на формування стратегії логістичного підприємства**
Політико-правові чинники	Політико-правові тенденції та події можуть мати значний вплив не лише на рівень конкуренції в галузі, але й на успішність стратегій. Чимало компаній змінили або відмовилися від стратегії через зміни в державній фінансовій допомозі, законодавчі зміни щодо виробничих відносин, захисту прав споживачів тощо.
Соціально-демографічні чинники	Важливі тенденції включають підвищення екологічної обізнаності, зміну складу населення та місця проживання. Ці демографічні зміни мають особливо значний вплив на місцевому рівні.
Технологічні фактори	Технологічний прогрес, зокрема розвиток альтернативних джерел енергії, штучного інтелекту, хмарних технологій, може різко вплинути на продукти, послуги, ринки, постачальників, дистриб'юторів, конкурентів, клієнтів, виробничі процеси. Формування стратегії має орієнтуватись на технологічні можливості для досягнення стійких конкурентних переваг на ринку. Якщо підприємства не адаптуються достатньо швидко до технологічних змін, вони ризикують втратити частку ринку.
Екологічні фактори	Здатність організації підтримувати довгострокову стійкість залежить від природного середовища, в якому знаходиться організація. Тенденції впливу навколишнього середовища на підприємство, а також вплив логістичної діяльності на навколишнє середовище, мають бути враховані у процесі прийняття стратегічних рішень.
Економічні фактори	Глобальні та національні економічні фактори безпосередньо впливають на потенційну привабливість стратегій. Важливими компонентами є ВВП, процентні ставки, темпи інфляції, валютні ринки та світова фінансова система. Переважаючі економічні умови країни впливатимуть на моделі витрат громадян, підвищення відсоткових ставок та рівень безробіття, призводять до зниження споживання товарів і послуг.

В свою чергу, прийняті підприємством рішення та дії можуть впливати на сили в макросередовищі. Кожна дія, зокрема підвищення цін або запуск рекламної кампанії, створює певну ступінь змін у середовищі навколо, хоча більшість організацій обмежуються лише впливом на свою галузь. Деякі аспекти загального середовища, такі як демографія, не підлягають впливу. Макросередовище має набагато більший вплив на більшість організацій, ніж вони окремо будь-коли мали б на середовище.

Мікрозовнішнє середовище складається з галузевих сил, які безпосередньо впливають на організацію. Компанії аналізують мікросередовище з метою отримання інформації про конкурентів, клієнтів та інших зацікавлених сторін. На основі цієї інформації вони вживають заходів, таких як створення нових компетенцій, з метою захисту від будь-яких загроз і негативних впливів на навколишнє середовище та пошуку можливостей, як основу для кращого обслуговування потреб своїх зацікавлених сторін.

Відправною точкою розуміння мікросередовища є визначення межі галузі, в якій конкурує компанія. Структурні характеристики галузі значною мірою впливатимуть на вибір стратегій. Оцінка природи та масштабів конкуренції можлива шляхом аналізу конкурентів, їх продуктів та послуг, частки ринку, фінансового стану, економічних та цінових переваг, сильних сторін. Зміни в макросередовищі впливають на доступність ресурсів, що, у свою чергу, спричиняє зростання чи занепад галузей і компаній, що працюють у них.

Фактори мікросередовища включають: клієнтів і споживачів; конкурентів; ринок; постачальників; посередників; громадськість. Взаємодія між цими силами визначає потенціал прибутковості галузі. У свою чергу, потенціал прибутковості галузі впливає на вибір кожної фірми щодо своїх конкурентних дій. Вплив цих факторів може змінюватися з часом, оскільки змінюються умови в галузі. Завдання підприємства полягає в розумінні можливостей та загроз, які породжують зміни середовища, і сформулювати відповідні стратегічні рішення [6]. Умови та фактори зовнішнього середовища вимагають прийняття управлінських рішень, які були б спрямовані на їх ліквідацію або на пристосування до них [7].

Фактори макросередовища можуть як скалічити стратегічний план, так і відкрити нові можливості. Для цього управлінцям потрібно відповідним чином адаптувати процес стратегічного планування. Стабільність і прибутковість компанії взаємозалежні від її здатності швидко визначати зміни зовнішнього середовища та реагувати на них. Зміни неминучі, при цьому гнучкість підприємств у боротьбі з несподіваними ринковими подіями є визначальним чинником конкурентної позиції на ринку [6].

Під час розроблення ділової стратегії одні підприємства суворо дотримуються своїх планів незалежно від впливу факторів зовнішнього середовища, інші ж вносять певні зміни тільки в тому разі, коли зовнішнє середовище фактично змушує їх це зробити, і лише деякі підприємства активно намагаються спонукати суспільство рухатись у напрямку, вигідному підприємству, або хоча би гармонізувати власні цілі з потребами й очікуваннями суспільства. У закордонній практиці в цих випадках використовуються пасивна, реактивна, проактивна та інтерактивна стратегії реагування на зовнішнє середовище [8,9].

1) Пасивна стратегія. Підприємство змінює свою стратегію лише після примусового впливу зовнішнього середовища, зокрема: законодавчої влади, державних управлінських структур, судових органів влади.

2) Реактивна стратегія. Підприємство намагається відреагувати на несприятливі зміни в зовнішньому середовищі лише після того, як вони відбулись. Практична діяльність підприємства змінюється тільки під значним тиском зовнішнього середовища.

3) Проактивна стратегія. Підприємство, яке використовує проактивну стратегію намагається випередити ймовірні зміни в зовнішньому середовищі. Таке підприємство може частково використовувати зміни зовнішнього середовища на свою користь.

4) Інтерактивна стратегія. Коли підприємство спроможне прийняти зміни зовнішнього середовища і поєднати їх з власними цілями. Ця стратегія допомагає гармонізувати відносини між підприємством і суспільством через зменшення розриву між очікуваннями суспільства та діловою активністю підприємства.

Таблиця 2 **–** Вплив факторів мікросередовища на формування стратегії логістичного підприємства

Table 2 **–** The influence of microenvironmental factors on the formation of the logistics enterprise's strategy

Фактори мікросередовища	**Вплив на формування стратегії логістичного підприємства**
Клієнти та споживачі	Під час розробки стратегії логістичний провайдер повинен ретельно аналізувати: хто є клієнтами та споживачами; які функції чи переваги вони шукають; який їх рівень доходу, уподобання тощо.
Конкуренти	Конкурентний аналіз має важливе значення для визначення можливостей та загроз, що включає визначення найбільш потужних конкурентів, їх поточних стратегій та бізнес-цілей.
Ринок	Конкуренти можуть змінюватимуть маркетингові стратегії, лінійки продуктів і ціни. З огляду на це логістичні підприємства повинні вивчати тенденції та події, які є ключовими факторами успіху ринку: існуючий і потенційний попит на ринку, темпи зростання ринку, структура витрат, чутливість до ціни, технологічна структура та система розподілу.
Постачальники	Ефективна діяльність потребує постачання ресурсів, сировини. Для забезпечення регулярного постачання ресурсів, деякі підприємства приймають стратегію зворотної інтеграції та створюють власні виробничі підприємства. Однак малі фірми зазвичай не можуть прийняти таку стратегію і змушені залежати від зовнішніх джерел для постачання необхідних ресурсів. Для підприємства важливо провести дослідження хто є постачальниками, які їхні продукти, ціни та умови, чи віддавати деякі функції на аутсорсинг, чи робити власними силами.
Посередники	Посередники можуть справляти значний вплив на бізнес-організації, формуючи зв'язок між підприємством та його клієнтами. Порушення цієї ланки негативно вплине на прибутковість.
Громадськість	Громадськість – це група, яка має фактичний або потенційний інтерес або впливає на здатність компанії досягати своїх цілей. Екологи, медіа-групи, групи захисту споживачів, місцеві групи, асоціації громадян є деякими важливими прикладами з громадськості, яка має важливе значення для навколишнього середовища підприємства.

Мікрозовнішнє та макрозовнішнє середовище та їх складові представлені на рисунку 2.

Закордонні дослідження показують, що пасивна, реактивна і проактивна стратегії можуть принести тимчасовий, короткотерміновий успіх у діяльності підприємства. Довготерміновий успіх підприємству забезпечує тільки використання інтерактивної стратегії [8,9].

Стратегія реагування на зовнішнє середовище багато в чому залежить від реакції керівництва підприємства на зміни зовнішнього середовища. Тому керівники повинні враховувати реальний стан зовнішнього середовища і прогнозувати його зміни у майбутньому. Для того, щоб сформувати стратегію реагування підприємства потрібна об'єктивна інформація про стан зовнішнього середовища.

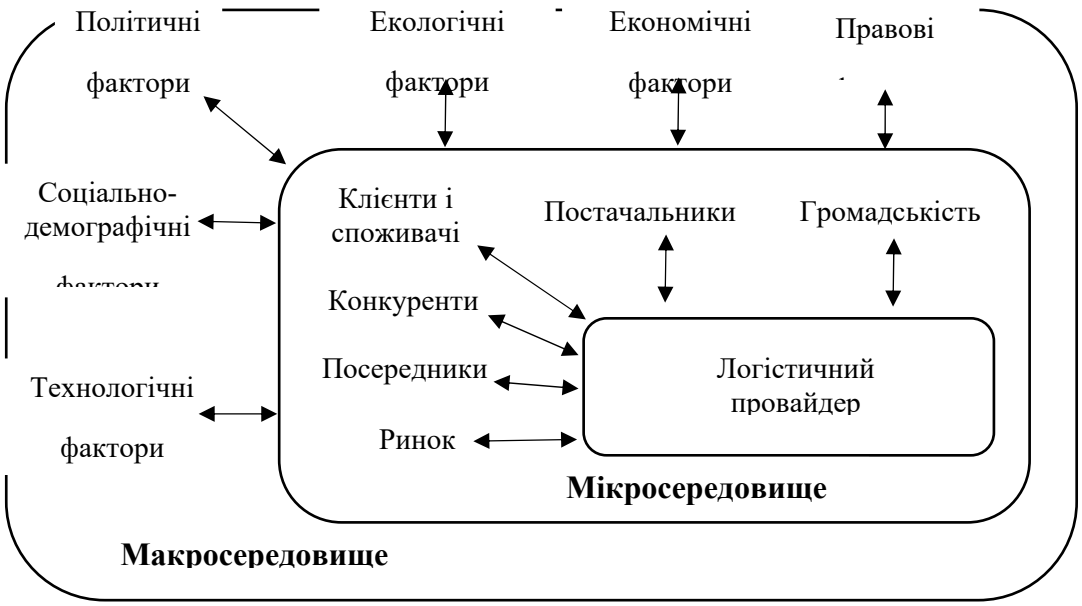


Рисунок 2 – Мікрозовнішнє та макрозовнішнє середовище та їх складові
Figure 2 – Micro external and macro external environment and their components



Рисунок 3 – Стратегії реагування підприємства на зміни зовнішнього середовища
Figure 3 – Strategies of the enterprise's response to changes in the external environment

В своїй діяльності логістичні підприємства України постійно стикаються з неспокійним, складним, глобальним зовнішнім середовищем, що ускладнює його інтерпретацію. Хоча багато викликів, як наприклад пандемія COVID або повномасштабна війна в Україні, є неочікуваними, до змін можливо підготуватися. Найефективніший спосіб для бізнесу стати гнучким і адаптивним – це розробити структуру для проведення сканування середовища. Щоб впоратися з неоднозначними та неповними даними про навколишнє середовище та покращити розуміння процесів, включаючи як макро-, так і мікросередовище, логістичні підприємства проводять зовнішній аналіз середовища з метою виявлення можливостей і загроз.

Одним із способів ідентифікації та аналізу розвитку подій у зовнішньому середовищі є використання матриці пріоритетів проблем. Ця практика складається з наступних кроків:

- **Сканування**

Управлінський процес методичного збору, аналізу та інтерпретації даних про зовнішні можливості та загрози, що походять від зовнішнього соціального, економічного, технологічного і політичного середовища, за допомогою якого визначаються ранні сигнали потенційних тенденцій у середовищі та виявляють події, які вже відбуваються. Керівники збирають інформацію про зміни навколишнього середовища для розуміння тенденцій і передбачення їх наслідків. Особливо це стосується компаній, які конкурують у дуже нестабільному середовищі [9].

Одним із найпопулярніших методів сканування середовища є аналіз PESTEL. Ця модель є матрицею оцінки зовнішніх факторів, яка фокусується на шести сферах даних:

(P) «Political»: ступінь, до якого уряд може впливати на економіку і, таким чином, впливати на організації в певній галузі. Включає державну політику, політичну стабільність, торговельну та податкову політику.

(E) «Economic»: як економічні умови змінюють попит і пропозицію, щоб безпосередньо впливати на компанію. Включає економічне зростання або спад, а також зміни процентних ставок і темпів інфляції.

(S) «Social»: нові тенденції та закономірності в структурі населення, демографії та поведінці клієнтів можуть вказувати на зміни в потребах і бажаннях клієнтів.

(T) «Technology»: як інновації розвивають ринок або галузь, що включає автоматизацію, рівень обізнаності та впровадження технологій, а також нові послуги чи продукти.

(E) «Environmental»: екологічні та екологічні аспекти, які впливають на діяльність компанії або споживчий попит – доступ до відновлюваних ресурсів, зміни клімату та ініціативи корпоративної відповідальності.

(L) «Legal»: поточні юридичні дозволи або вимоги в країнах або територіях, на яких працює організація – вимоги щодо охорони здоров'я та безпеки, законодавства про працю та захисту прав споживачів [12].

Сканування часто виявляє неоднозначні, неповні або незв'язані дані та інформацію, які потребують ретельного аналізу. Підприємства використовують спеціальне програмне забезпечення, що допомогає ідентифікувати події, які відбуваються в навколишньому середовищі та про які повідомляють у відкритих джерелах. Ці інформаційні системи все частіше використовуються для вивчення соціальних медіа як джерел інформації. Сучасні інформаційні технології дозволять прораховувати вплив різних факторів на логістичну діяльність підприємства, а тому важливо розглядати впровадження IT-рішень не лише як технічну необхідність, але і як стратегічну ініціативу, яка спрямована на досягнення довгострокових цілей розвитку підприємства [11].

Існують такі кроки, які компанія може пройти під час впровадження сканування стратегічних факторів:

1) Збір інформацію про зміни в соціальному, політичному, економічному і технологічному середовищі. Окремих осіб уповноважують контролювати різні джерела інформації, такі як професійні журнали, інтернет-ресурси, наукові дослідження, урядові публікації. На основі цього процесу формують періодичні звіти про сканування, що забезпечує безперервний потік своєчасної стратегічної інформації та залучає працівників до процесу аналізу зовнішнього середовища.

2) Оцінка наявної інформації, що передбачає зустріч відповідних менеджерів для спільного визначення найбільш важливих можливостей і загроз, з якими стикається фірма. Оскільки навколо підприємств відбувається безліч подій одночасно, вони змушені вибирати пріоритетність подій [7]. Список пріоритетів цих факторів можна отримати шляхом ранжування визначених факторів.

Загалом ключові зовнішні фактори мають бути:

1) важливими для досягнення довгострокових і річних цілей;

2) вимірюваними;

3) застосовними до всіх конкуруючих підприємств галузі;

4) ієрархічними – деякі стосуватимуться загалом компанії, а інші будуть більш вузько зосереджені на функціональних підрозділах.

Рекомендується, щоб організації проводили сканування навколишнього середовища кожні півроку або принаймні раз на рік. Ця частота гарантує обізнаність зовнішніх факторів, які можуть вплинути на вашу компанію як позитивно, так і негативно. Цей процес особливо важливий для малого та середнього бізнесу, який не має впізнаваного бренду чи стабільного доходу більших корпорацій і може бути більш чутливим до впливу зовнішніх факторів [10].

Моніторинг тенденцій і подій у зовнішньому середовищі дає можливість менеджерам ефективніше реагувати на напрям розвитку підприємства і розрізняти достовірну інформацію від недостовірної. Можуть пройти роки поки суттєва тенденція буде осмислена і перевірена на достовірність, тому моніторинг є довготерміновим і комплексним. Загалом ефективний моніторинг середовища підприємства повинен описувати тенденції зовнішнього середовища та ідентифікувати сфери, які вимагають подальшого сканування [8].

- **Прогнозування**

Другим кроком процесу аналізу зовнішніх стратегічних факторів є прогнозування ймовірності того, що ці тенденції дійсно відбудуться. Прогнозування генерує обґрунтовані припущення щодо майбутніх тенденцій і подій, що випливають із процесу сканування. Прогнозування ускладнюється через технологічні інновації, культурні зміни, нові продукти, покращені послуги, зміни в державних пріоритетах, зміну соціальних цінностей, нестабільні економічні умови та непередбачені події.

Також важливо, щоб організації могли передбачити час, який знадобиться для появи тенденції, коли будуть потрібні різні процедури корпоративного навчання для вирішення очікуваних змін, або коли одна зміна вплине на інші. Сканування навколишнього середовища надає дані про поточні ситуації та тенденції, але також має місце інтуїція менеджерів у передбаченні того, чи збережуться ці тенденції в майбутньому.

Розробники стратегії стикаються з незліченною кількістю змінних і незначущих факторів, які неможливо контролювати чи передбачити з великою точністю. Базуючись на найкращій інформації на певний час, припущення служать контрольними точками для обґрунтованості стратегій. Якщо майбутні події суттєво відрізняються від припущень, розробники стратегій враховують коригувальні

дії. Якість інформації, як правило, є запорукою найточніших припущень, що може призвести до конкурентних переваг.

Найбільш популярні методи прогнозування, які може використовувати компанія для прогнозування змін зовнішнього середовища:

1) Екстраполяція – перенесення поточних тенденцій у майбутнє. Основна проблема цього підходу полягає в тому, що історичний тренд базується на серії закономірностей або зв'язків між такою кількістю різних змінних, що зміна будь-якої з них може кардинально змінити майбутній напрямок тренду. Зазвичай, чим далі в минуле можливо знайти відповідні дані, що підтверджують тенденцію, тим більше впевненості в точності прогнозу майбутнього.

2) Мозковий штурм, який є некількісним підходом, потребує групи людей, які мають знання та досвід у ситуації. Основна думка полягає в тому, щоб пропонувати ідеї без їх попереднього перегляду. Усі ідеї заохочуються та визнаються.

3) Експертна думка, яка також є некількісним підходом, за якого експерти намагаються спрогнозувати ймовірний розвиток тенденцій. Цей тип прогнозу заснований на здатності обізнаної людини передбачати майбутні події.

4) Техніка Delphi, за якої окремі експерти незалежно оцінюють ймовірність конкретних подій. Ці оцінки об'єднуються та повертаються кожному експерту для перегляду до досягнення взаємного консенсусу.

5) Статистичне моделювання, яке є кількісним підходом, що намагається виявити причинно-наслідкові фактори, які пов'язують два або більше часових рядів. Приклади цього методу включають регресійний аналіз або економетричні методи.

6) Написання сценарію, що є однією з найбільш широко використовуваних технік прогнозування після екстраполяції тенденції. Сценарії – це описи різних ймовірних майбутніх результатів. Сценарій може бути як простим письмовим описом, так і створений у поєднанні з іншими методами прогнозування [10].

Проте чимало майбутніх ситуацій і обставин є випадковими, і їх не можна прогнозувати на основі наявної інформації. В Україні процес прогнозування тенденцій зовнішнього середовища ускладнений через нестабільну економічну ситуацію.

- **Оцінювання впливу кожної тенденції на організацію**

Етап оцінки полягає у визначенні часу, значущості та впливу наслідків змін навколишнього середовища та визначених тенденцій. Завдяки скануванню та прогнозуванню організації можуть зрозуміти середовище. На цьому етапі процесу основним наміром є визначення наслідків. Оцінка вимагає визначення відповідей на наступні питання: як, чому, коли і якою мірою деякі прогнозовані тенденції впливають на стратегічні плани організації.

Точна оцінка тенденцій і подій, які очікуються в сегментах середовища фірми, є важливою, а точне тлумачення значення цих тенденцій і подій ще важливіше. Від організацій вимагається класифікувати ці тенденції та події в середовищі як можливості чи загрози. Навіть у деяких випадках, коли формальна оцінка є неадекватною, відповідна інтерпретація цієї інформації є дуже важливою.

Ці можливості та загрози використовуються як частина аналізу для визначення та вибору можливих стратегій, які дозволять компанії перевершити своїх конкурентів на ринку. Можливості з'являються, коли компанія може скористатися умовами середовища, щоб сформулювати та реалізувати стратегії, які дозволяють їй стати більш прибутковою. Загрози виникають, коли умови зовнішнього середовища загрожують цілісності та прибутковості бізнесу компанії.

Жодна фірма не може повністю успішно контролювати всі зовнішні фактори. Потрібно зробити вибір щодо того, наскільки певний фактор є важливим. Іноді важливий чинник зовнішнього середовища ігнорується через неправильне тлумачення керівництвом, а особисті цінності керівництва можуть бути причиною упередженості як у їхньому сприйнятті того, що важливо контролювати, так і в тлумаченні різних факторів. Проте дії щодо реагування на ці чинники безумовно мають бути враховані при формуванні стратегії, зокрема щодо використання зовнішніх можливостей та мінімізації впливу потенційних загроз [10].

Розгляд кожного з цих сегментів, вивчення їхнього взаємозв'язку і факторів, які прямо або опосередковано впливають на підприємство, дає можливість менеджерам краще розуміти навколишнє зовнішнє середовище та сформулювати стратегію підприємства щодо нього.

Висновки

Стратегія розробляється та розвивається з часом, щоб відповідати мінливим умовам, що спричинені зовнішнім середовищем, та є джерелом можливостей і загроз для організації. Середовище часто накладає важливі обмеження на цілі та стратегії організації, зокрема щодо рішень виходу на нові ринки, запуску інноваційних продуктів чи послуг тощо.

Технологічні зміни та постійне зростання можливостей збору та обробки інформації збільшують потребу фірм у своєчасній розробці ефективної конкурентної тактики. Швидкі соціальні зміни, що відбуваються країні, впливають на попит споживачів, а урядова політика змінює умови конкурентного середовища.

Дієвим механізмом для збору актуальної інформації щодо цих факторів є аналіз PESTEL. Точні прогнози життєво важливі для процесу стратегічного управління та успіху організацій, можуть забезпечити конкурентні переваги для організацій.

Перелік посилань

1. Падерін І.Д., Новак Є.Е. Аналіз впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на стратегії підприємств малого та середнього бізнесу *Економічний вісник Донбасу.* - 2015. - № 3. - С. 135-140. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecvd_2015_3_18

2. Волинець Л.М. Формування стратегічно-орієнтованого управління логістичною діяльністю організацій і організаційних мереж в контексті розвитку наукових шкіл стратегічного управління. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: науковий журнал.* Вип. 115. Частина І. Київ, 2024. С. 197-207. URL: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.1-198-207

3. Волинець Л.М., Янішевський А.А. Стратегічне управління логістичним підприємством на засадах принципів сталого розвитку. *Тези доповідей:* Ювілейна наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Вип.80. Київ, 2024. С. 66.

4. Robert S. Kaplan, David P. Norton Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes *Harvard Business Review Press*; 1st edition (February 2, 2004) 454 p. URL: https://www.amazon.com/Strategy-Maps-Converting-Intangible-Tangible/dp/1591391342

5. Ковтуненко Ю.В., Олексійчук А.Г., Васалатій Т.М. Фактори зовнішнього середовища, які впливають на вибір стратегії виробничого підприємства *Інвестиції: практика та досвід.* - 2016. - № 11. - С. 55-58. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2016_11_13

6. Business External Environment Components URL: https://onestrategy.org/business-external-environment-components/

7. Мельникова К. В. Ефективність діяльності логістичних систем. *Бізнес Інформ*. 2021. №12. С. 283-287. URL: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-12-283-287

8. Кара Н. І. Види стратегій та оцінювання впливу факторів зовнішнього середовища на діяльність підприємства *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія : Проблеми економіки та управління. - 2016. - № 847. - С. 97-102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPP_2016_847_17.

9. Frederic William C., Post James E., Davis Keith Business & Society. – 7th ed. – New York: McGraw-Hill, Inc., 1992. – 625 p.

10. External Strategic Factors Analysis URL: https://onestrategy.org/external-strategic-factors-analysis/

11. Воркут Т., Волинець Л., Янішевський А., Волинець Я. Стратегія інноваційного розвитку сучасних ІТ-рішень для забезпечення сталого розвитку підприємств логістичної діяльності. *Збірник матеріалів:* Сталий розвиток – стан та перспективи. IV міжнародний науковий симпозіум в рамках Еразмус+ Модуль Жан Моне «Концепція екосистемних послуг: Європейський досвід» («EE4CES»), 13–16 лютого 2024, Україна, Львів – Славське. Київ, 2024. С.191-193

12. How To Identify External Factors That May Affect Your Strategic Plan URL: https://www.clearpointstrategy.com/blog/external-factors-that-affect-a-business

IDENTIFICATION OF EXTERNAL ENVIRONMENT FACTORS IN THE PROCESS OF DEVELOPMENT AND ADAPTATION OF LOGISTICS PROVIDERS' STRATEGIES

Volynets Lyudmyla M., PhD, professor, National Transport University, professor of Department of transport Law and Logistics, e-mail: Volinec_3@ukr.net, tel. +380979022993, https://orcid.org/0000-0002-5064-2349

Yanishevskyi Andrii A., National Transport University, higher education student of the second (master's) level, Department of transport Law and Logistics, e-mail: yanishevskyiandrii@gmail.com, tel. +380958682621, https://orcid.org/0009-0002-2700-803X

Volynets Yana E., National Transport University, higher education student of the first (bachelor's) level, Department of international transportation and customs control, e-mail: V.yana.ntu@gmail.com, tel. +380681773457, https://orcid.org/0009-0006-6021-6198

Summary. The article is devoted to the study of the influence of environmental factors on the process of strategy formation by logistics providers in Ukraine. The work contains a classification of external factors, analyzed trends regarding the growing influence of their importance on the processes of strategic management and ensuring the long-term sustainability of transport and logistics companies of Ukraine. The mechanism of identification and analysis of the development of events in the external environment that affect the strategic management of a logistics enterprise is considered, which involves scanning, forecasting and evaluating the impact of each trend on the organization. Forecasting methods that can be used by the enterprise to predict changes in the external environment are characterized. Strategic approaches of responding to changes in environmental factors by a logistics enterprise have been determined.

Keywords: logistics provider; enterprise strategic management; microenvironment; macro environment; strategies for responding to environmental changes; PESTEL analysis.

References

1. Paderin I.D., Novak E.E. Analysis of the impact of external and internal factors on the strategies of small and medium-sized enterprises *Economic Bulletin of Donbass*. - 2015. - No. 3. - P. 135-140. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecvd_2015_3_18

2. Volynets' L.M. Formation of strategic-oriented management of logistics activities of organizations and organizational networks in the context of the development of scientific schools of strategic management. *Roads and road construction: scientific journal.* Vol. 115. Part I. Kyiv, 2024. P. 197-207. DOI: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.1-198-207

3. Volynets' L.M., Yanishevskyi A.A. Strategic management of a logistics enterprise based on the principles of sustainable development. *Abstracts of reports:* Jubilee scientific conference of professors and teaching staff, graduate students, students and employees of separate structural units of the university. Issue 80. Kyiv, 2024. P. 66. URL: https://doi.org/10.51500/7826-39-12

4. Robert S. Kaplan, David P. Norton Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes *Harvard Business Review Press*; 1st edition (February 2, 2004) 454 p. URL: https://www.amazon.com/Strategy-Maps-Converting-Intangible-Tangible/dp/1591391342

5. Kovtunenko V., Oleksiichuk A.G., Vasalatiy T.M. Factors of the external environment that influence the choice of the strategy of a manufacturing enterprise. *Investments: practice and experience.* - 2016. - No. 11. - P. 55-58. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2016_11_13

6. Business External Environment Components URL: https://onestrategy.org/business-external-environment-components/

7. Melnikova K.V. Efficiency of logistics systems. *Business Inform*. 2021. No. 12. p. 283–287 URL: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-12-283-287

8. Kara, NI (2016) "Types of strategies and assessment of the influence of external environmental factors on enterprise activity." *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Problems of Economics and Management*, pp. 97-102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPP_2016_847_17

9. Frederic William C., Post James E., Davis Keith (1992) Business & Society. – 7th ed. – *New York: McGraw-Hill, Inc.* – 625 p.

10. External Strategic Factors Analysis URL: https://onestrategy.org/external-strategic-factors-analysis/

11. Vorkut T., Volynets' L., Yanishevskyi A., Volynets' Ya. Strategy of innovative development of modern IT solutions to ensure sustainable development of logistics enterprises. *Collection of materials*: Sustainable development - state and prospects. IV International Scientific Symposium within the Erasmus+ Jean Monnet Module "The Concept of Ecosystem Services: European Experience" ("EE4CES"), February 13-16, 2024, Ukraine, Lviv - Slavske. Kyiv, 2024. P.191-193 URL: https://doi.org/10.51500/7826-39-12

12. How To Identify External Factors That May Affect Your Strategic Plan URL: https://www.clearpointstrategy.com/blog/external-factors-that-affect-a-business

УДК 656 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-283-293**
УДК 656

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕРЕЖІ ПАРКІНГІВ ДЛЯ КОМЕРЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

THE NETWORK OF PARKING FOR COMMERCIAL TRANSPORT: THE STATE AND THE PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT



***Катрушенко Наталія Анатоліївна**, старший викладач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: n.katrushenko@gmail.com, +380971722287,*

https://orcid.org/0000-0003-4810-9649



***Добровольський Олександр Сергійович**, кандидат технічних наук, доцент, декан автомеханічного факультету, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: dobrovolskiy@ntu.edu.ua, +380632977210,*

https://orcid.org/0000-0003-0048-1388

Анотація. Для розвитку економіки країни важливе значення сьогодні має високий рівень транспортної безпеки. Міжнародні автомобільні перевезення забезпечують значну частину функціонування всієї зовнішньоекономічної діяльності країни. Тому підвищення рівня безпеки міжнародних автомобільних перевезень є важливим питанням і потребує особливої уваги.

На рівень безпеки міжнародних автомобільних перевезень впливає якість відпочинку водіїв, які виконують такі перевезення. Робота водіїв комерційного транспорту є монотонною, тому може викликати заколисуючий ефект навіть в максимально ідеальних і комфортних умовах руху транспортного засобу. Ділячись досвідом, водії-міжнародники стверджують: «ніби хто колискові наспівує», «не помічаєш, коли і сон приходить». В умовах втоми такий ефект лише посилюється. Неконтрольоване водієм закриття очей всього на декілька секунд часто призводить до фатальних наслідків. Після усвідомлення водієм свого стану слідує швидке і неадекватне реагування, яке в більшості випадків призводить до дорожньо-транспортних пригод, наслідками яких є: травмування/ загибель водія; пошкодження/ втрата транспортного засобу; пошкодження/ втрата вантажу, що перевозиться; травмування/ загибель інших людей-учасників дорожнього руху; забруднення навколишнього середовища і отруєння людей у випадку перевезень небезпечних вантажів і т. д.

Для забезпечення якісного відпочинку водіїв комерційного транспорту і, відповідно, високого рівня безпеки міжнародних автомобільних перевезень в цілому, є необхідність розвитку такого елементу транспортної інфраструктури як зони паркування та відпочинку для комерційного транспорту.

Важливо, щоб водії не просто витримували прописані їм щоденні і щотижневі періоди відпочинку, а дійсно в цей час повноцінно і якісно відпочивали. Водії під час відпочинку не повинні перейматись питаннями: власної безпеки, збереження транспортного засобу в цілісному стані, схоронності вантажу. Не менш важливим є питання забезпечення водіїв під час щоденного чи щотижневого періодів відпочинку доступом до сервісу та послуг, які забезпечують нормальну життєдіяльність людини.

Ключові слова: щоденний період відпочинку, щотижневий період відпочинку, безпека міжнародних автомобільних перевезень, зони паркування та відпочинку, комерційний транспорт.

Вступ. Сьогодні зовнішньоекономічна діяльності країни займає важливе місце в її економіці. Транспорт є невід'ємною складовою забезпечення функціонування такої діяльності. Проте міжнародні автомобільні перевізники під час здійснення процесу доставки вантажів зіштовхуються з рядом проблем, які пов'язані, в тому числі, і з безпекою перевезень.

На загальний рівень безпеки міжнародних автомобільних перевезень впливає якість відпочинку водіїв, що виконують такі перевезення.

Водії комерційного транспорту під час виконання перевезень повинні дотримуватись режиму роботи і відпочинку відповідно до положень Європейської Угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення (ЄУТР). Щоденний чи щотижневий період відпочинку повинен використовуватись коли транспортний засіб знаходиться на стоянці.

Через відсутність необхідної кількості зон для паркування та відпочинку водії комерційного транспорту часто змушені паркувати свої транспортні засоби на період відпочинку на узбіччі дороги, що впливає на безпеку інших учасників дорожнього руху і на якість відпочинку самих водіїв, що в свою чергу – на безпеку міжнародних автомобільних перевезень в цілому.

Метою роботи є розгляд питання необхідності розвитку мережі паркінгів для комерційного транспорту з метою підвищення безпеки міжнародних автомобільних перевезень і, як наслідок, всіх учасників дорожнього руху в цілому.

Виклад основного матеріалу. Транспортну систему України складають різні види транспорту і кожен з них відіграє важливу роль в економіці країни. Протягом багатьох років автомобільний транспорт займає одну з лідируючих позицій по обсягам перевезених вантажів (рис. 1) і до 2021 року включно за зазначеним показником поступався лише залізничному транспорту [1].

Сьогодні автомобільний транспорт відіграє значущу роль в забезпеченні зовнішньоекономічної діяльності країни. За даними Державної служби України з безпеки на транспорті кількість ліцензіатів, які мають дозволені види робіт з міжнародних перевезень вантажів вантажними автомобілями (крім перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів) та/чи міжнародні перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів вантажними автомобілями, станом на 31 грудня 2023 року – 30851. Інформація про кількість транспортних засобів, визначених як засоби провадження господарської діяльності ліцензіатів за видами робіт: міжнародні перевезення вантажів вантажними автомобілями (крім перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів) та міжнародні перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів вантажними автомобілями станом на 31 грудня 2023 року – 106196. Кількість ліцензіатів, які мають дозволені види робіт з міжнародних

перевезень вантажів вантажними автомобілями (крім перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів) та/чи міжнародні перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів вантажними автомобілями, станом на 30 червня 2024 року – 32810. Інформація про кількість транспортних засобів, визначених як засоби провадження господарської діяльності ліцензіатів за видами робіт: міжнародні перевезення вантажів вантажними автомобілями (крім перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів) та/чи міжнародні перевезення небезпечних вантажів та небезпечних відходів вантажними автомобілями станом на 30 червня 2024 року – 111543.

Незважаючи на лідируючі позиції за обсягами перевезень, перед міжнародними автомобільними перевізниками стоїть ряд проблем, багато з яких пов'язані саме з безпекою перевезень. При пошуку шляхів їх вирішення необхідно звернути увагу на розвиток відповідної інфраструктури.

В рамках євроінтеграційного курсу та відповідно до положень Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (Угода про асоціацію) Україна взяла на себе зобов'язання сприяти здійсненню ефективних і безпечних транспортних перевезень. Співробітництво між Сторонами Угоди про асоціацію, крім іншого, спрямовується також і на покращення руху пасажирів та вантажів, зростання плинності транспортних потоків між Україною, ЄС і третіми країнами регіону за рахунок різних заходів, в тому числі і покращення транспортної мережі та модернізації інфраструктури [2].

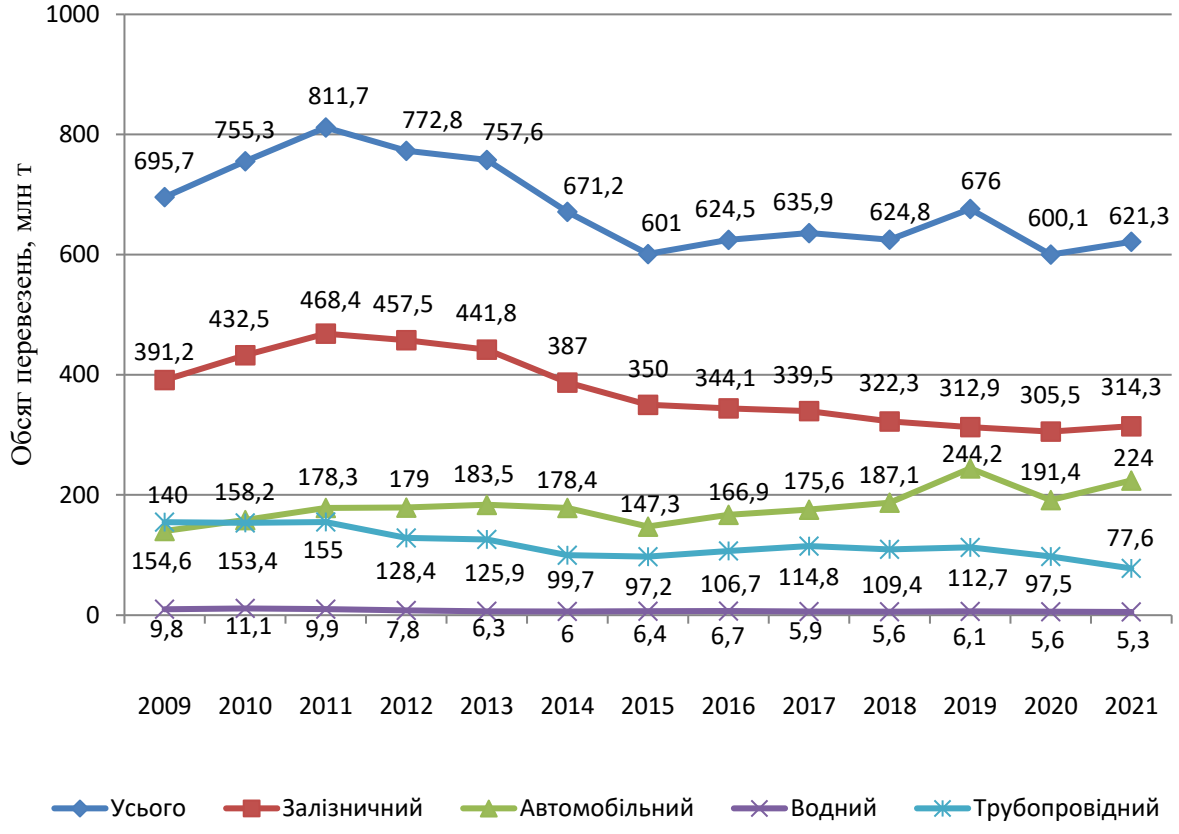


Рисунок 1 – Обсяги перевезень за видами транспорту, млн т

Figure 1 – Volume of transportation by different modes of transport, million tons

Відповідно до РЕГЛАМЕНТУ (ЄС) 2024/1679 ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ ТА РАДИ від 13 червня 2024 року (РЕГЛАМЕНТ (ЄС) 2024/1679) інфраструктура автомобільного транспорту повинна включати наступні елементи:

1. Дороги, включаючи:
- ✓ мости;
- ✓ тунелі;
- ✓ з'єднання доріг;
- ✓ перехрестя;
- ✓ розв'язки;
- ✓ спеціально відведені місця на узбіччі для зупинки автотранспорту;
- ✓ інфраструктуру, що зменшує вплив на навколишнє середовище, включаючи рішення для збереження фауни або зменшення шуму.

2. Супутнє обладнання, включаючи системи зважування під час руху.
3. Цифрову інфраструктуру та системи інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для транспорту.
4. Шляхи доступу до мультимодальних вантажних терміналів.
5. З'єднання вантажних терміналів і логістичних платформ з іншими видами транспорту.
6. Автовокзали.
7. Інфраструктуру, пов'язану з об'єктами для альтернативних видів палива.
8. Зони паркування та відпочинку, включаючи безпечні та такі, що охороняються, зони паркування для комерційних транспортних засобів[3].

Зони паркування та відпочинку для комерційних транспортних засобів сьогодні являються не менш важливим елементом інфраструктури ніж будь-який з вищезазначених. Крім того, їх наявність є вимогою безпечного, а, отже, і успішного функціонування сектору міжнародних автомобільних перевезень.

Відповідно до положень Європейської Угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення, водії повинні мати (використовувати) щоденні і щотижневі періоди відпочинку.

Щоденний період відпочинку – це такий щоденний період, протягом якого водій може вільно розпоряджатися своїм часом. Він може бути нормальним або скороченим. Нормальний щоденний період відпочинку – це будь-який період відпочинку не менше 11 годин. Зазначений період відпочинку може бути розділений на два періоди, перший з яких повинен бути безперервним періодом тривалістю не менше 3 годин і другий – безперервним періодом тривалістю не менше 9 годин. Скорочений щоденний період відпочинку – це будь-який період відпочинку тривалістю принаймні 9 годин, але менше 11 годин. Щотижневий період відпочинку – це такий щотижневий період, протягом якого водій може вільно розпоряджатися своїм часом. Він також може бути нормальним або скороченим. Нормальний щотижневий період відпочинку являє собою будь-який період відпочинку не менше 45 годин. Скорочений щотижневий період відпочинку – це будь-який період відпочинку тривалістю менше 45 годин, але не менше 24 послідовних годин [4].

Відповідно до законодавства не важливо який саме вид відпочинку водій використовує, щоденний чи щотижневий, такий відпочинок повинен використовуватись коли транспортний засіб знаходиться на стоянці.

В Україні водії транспортних засобів, які працюють на ринку міжнародних перевезень, через відсутність необхідної кількості спеціально облаштованих зон для паркування та відпочинку для комерційного транспорту, практикують паркувати свої транспортні засоби на період відпочинку на узбіччі дороги поблизу населених пунктів. Проте в таких випадках зазначені транспортні засоби становлять небезпеку для інших учасників дорожнього руху, що нерідко призводить до дорожньо-транспортних пригод. Крім того, припаркований на узбіччі дороги транспортний засіб, на період відпочинку, стає потенційною ціллю для злочинців і, як наслідок, перевізник зіштовхується з пошкодженням вантажного відділення транспортного засобу, крадіжкою вантажу, палива, коліс чи інших деталей і т. д. Тому, щоб захистити транспортний засіб від можливих пошкоджень, крадіжок, а іноді і незаконних посадок людей, водії намагаються паркувати свої вантажні автомобілі поблизу автозаправних станцій [5].

Описана практика паркування вантажних автомобілів на період щоденного/щотижневого періоду відпочинку негативно впливає на якість відпочинку водія і, як наслідок, на безпеку всіх учасників міжнародних автомобільних перевезень.

Таблиця 1 – Статистичні дані по ДТП з загиблими або травмованими в Україні [6].

Table 1 – Statistical data on traffic accidents with fatalities or injuries in Ukraine [6].

	Рік				
	2019	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Всього	26052	26140	24521	18628	23642
Загинуло	3454	3541	3238	2791	3053
Травмовано	32736	31974	29738	23145	29502

Таблиця 2 – Кількість та наслідки дорожньо-транспортних пригод за участю водіїв ліцензованого автомобільного транспорту [7-12]

Table 2 – The number and the consequences of the traffic accidents involving drivers of commercial road transport [7-12]

	Рік						
	2017	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Кількість ДТП	2588	2698	2829	2288	2696	1703	2479
Загинуло	160	172	184	139	125	135	165
Травмовані	1824	1709	1588	973	913	777	907

Деякі факти дорожньо-транспортних пригод за участю комерційного транспорту через паркування транспортних засобів на узбіччі дороги (рис. 2):

а) ДТП з постраждалими 13.07.2021 року на дорозі М-01 (Е95) поблизу села Єрків (ділянка дороги Київ–Чернігів). ДТП сталася у нічний час. Водій автопоїзда у складі тягача MAN та напівпричепа не впорався з керуванням та зіштовхнувся з напівпричепом вантажного автомобіля VOLVO, що стояв припаркований на узбіччі. В результаті ДТП постраждали водій та пасажир автопоїзда у складі тягача MAN та були госпіталізовані [13];

а) б)



Рисунок 2 – Наслідки ДТП за участю комерційного транспорту та паркування на узбіччі:
а) ділянка дороги М-01 (Е95) Київ–Чернігів;
б) ділянка дороги Е95 поблизу м. Одеси.

Figure 2 – The consequences of the road accidents involving the commercial vehicles and the roadside parking:
a) the section of the road M-01 (E95) Kyiv–Chernihiv;
b) the section of the road E95 near Odessa.

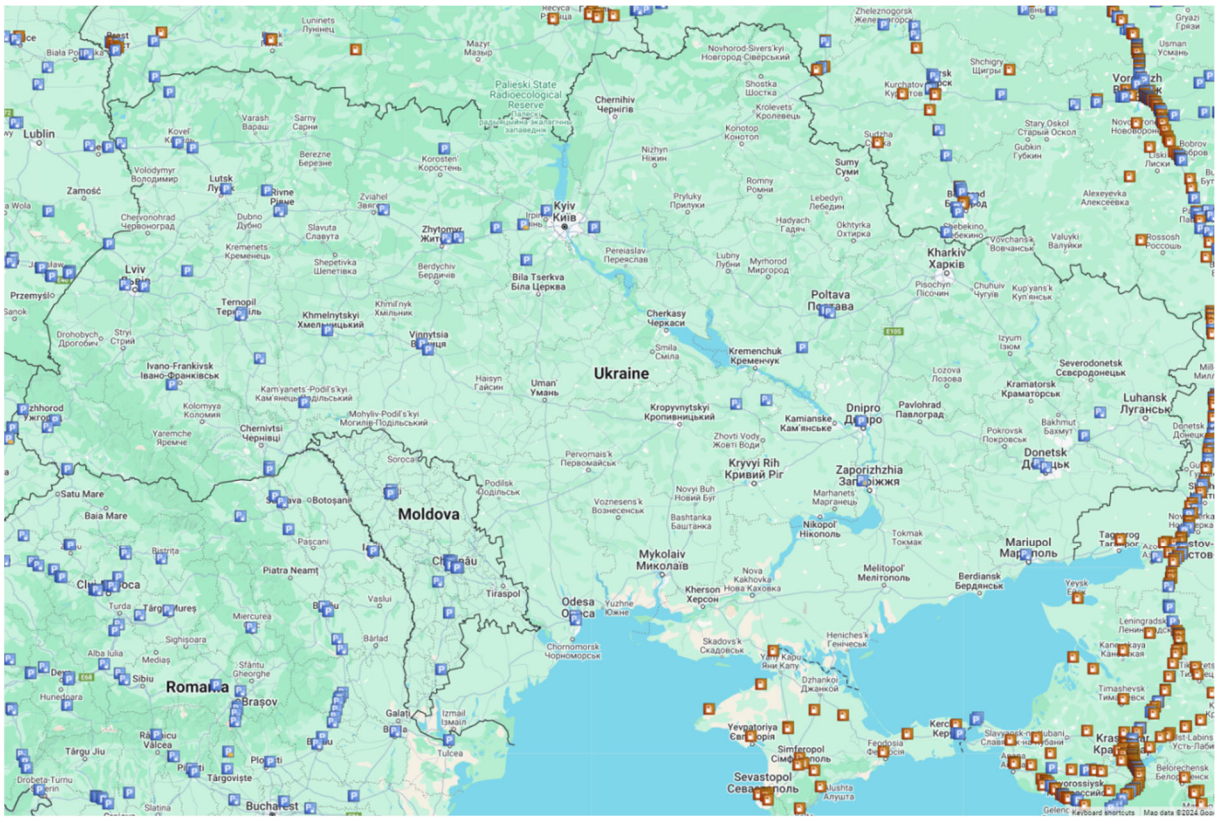
б) ДТП зі смертельними наслідками 21.10.2021 року на 451 км дороги Київ-Одеса (Е95). ДТП сталася у вечірній час. Вантажний автомобіль на великій швидкості в'їхав у припаркований на узбіччі автопоїзд. В результаті зіткнення стався потужний вибух. Водій вантажного автомобіля загинув. Була також озвучена попередня версія, що водій вантажного автомобіля, ймовірно, заснув за кермом [14].

Водії, які працюють на вантажних автомобілях далекого слідування, серед основних причин дорожньо-транспортних пригод виділяють втому водія. Крім того, з їх слів, відсутність умов для паркування таких транспортних засобів і відпочинку водіїв лише посилює проблему [15].

Дорожні експерти, що займаються аналізом ДТП по всій країні, виділяють втому водія однією з головних причин ДТП на українських дорогах і зазначають, що «за статистикою, з перевтомою пов'язано понад 50% всіх дорожніх пригод за участі вантажного транспорту» [15].

Таким чином, однією з основних причин, через які найчастіше саме водії вантажних автомобілів стають учасниками ДТП, є втома водіїв і майже повна відсутність повноцінно обладнаних місць для ночівлі водіїв вантажних транспортних засобів[15].

Сьогодні ситуація з зонами паркування та відпочинку для комерційного транспорту в нашій країні (рис. 3) не відповідає вимогам потреб ринку: щодо їх кількості, рівню комфорту та безпеки, плановій кількості паркувальних місць і т.д.


Ukraine
Moldova
Romania
Kyiv
Київ
Lviv
Kharkiv
Харків
Odesa
Dnipro
Zaporizhzhia
Mykolaiv
Poltava
Sumy
Chernihiv
Zhytomyr
Vinnytsia
Cherkasy
Donetsk
Luhansk
Mariupol
Sevastopol
Simferopol
Bucharest
Chișinău
Lublin
Lutsk
Rivne
Ternopil
Khmelnytskyi
Ivano-Frankivsk
Chernivtsi
Brașov
Sibiu
Galați
Tulcea
Kherson
Mykolaiv
Kryvyi Rih
Pavlohrad
Kramatorsk
Severodonetsk
Bila Tserkva
Kremenchuk
Uman
Tiraspol
Bălți
Iași
Suceava
Botoșani
Piatra Neamț
Târgu Mureș
Cluj-Napoca
Oradea
Satu Mare
Baia Mare
Zamość
Przemyśl
Rostov
Taganrog
Melitopol
Berdiansk
Nikopol
Kamianske
Shostka
Konotop
Nizhyn
Romny
Lebedyn
Okhtyrka
Izyum
Pervomaisk
Yuzhne
Chornomorsk
Skadovsk
Yevpatoriya
Feodosia
Yalta
Alushta
Sevastopol
Севастополь
Simferopol
Симферополь
Kerch
Керчь
Krasnodar
Краснодар
Timashevsk
Tuapse
Novorossiysk
Belgorod
Valuyki
Rossosh
Kupyansk
Chuhuiv
Pisochyn
Vovchansk
Shchigry
Kurchatov
Stary Oskol
Gubkin
Lozova
Pavlohrad
Dobrota Turnu
Târgoviște
Târgu Jiu
Râmnicu Vâlcea
Hunedoara
Alba Iulia
Sighișoara
Mediaș
Sfântu Gheorghe
Miercurea
Vaslui
Bârlad
Focșani
Buzău
Ploiești
Slatina
Caracal
Drobeta-Turnu
Gherla
Dej
Bistrița
Reșița
Arad
Timișoara
Zalău
Carei
Sighetu
Vynohradiv
Mukachevo
Uzhhorod
Berehove
Chervonohrad
Volodymyr
Kovel
Varash
Sarny
Berezne
Korosten
Zviahel
Berdychiv
Haisyn
Mohyliv-Podil's'kyi
Kam'yanets-Podil's'kyi
Yaremche
Kolomyia
Stryi
Drohobych
Dubno
Slavuta
Shepetivka
Kremenets
Ternopil
Khmil'nyk
Vinnytsia
Haisyn
Uman
Pryluky
Romny
Lubny
Myrhorod
Pereiaslav
Hadyach
Lebedyn
Okhtyrka
Bilopillia
Sumy
Shostka
Konotop
Nizhyn
Noshorod-Sivers'kyi
Chernihiv
Paliieski State Radioecological Reserve
Mazyr
Luninets
Brest
Biała Podlaska
Lublin
Zamość
Lutsk
Rivne
Dubno
Chervonohrad
Lviv
Przemyśl
Sanok
Drohobych
Stryi
Ivano-Frankivsk
Kolomyia
Yaremche
Chernivtsi
Zhytomyr
Berdychiv
Bila Tserkva
Pereiaslav
Kyiv
Kyiv
Cherkasy
Smila
Kremenchuk
Kropyvnytskyi
Kamianske
Dnipro
Pavlohrad
Zhovti Vody
Kryvyi Rih
Pervomaisk
Zaporizhzhia
Marhanets
Nikopol
Tokmak
Mykolaiv
Nova Kakhovka
Kherson
Melitopol
Berdiansk
Mariupol
Yuzhne
Odesa
Chornomorsk
Skadovsk
Yevpatoriya
Feodosia
Yalta
Alushta
Sevastopol
Simferopol
Kerch
Taganrog
Yeysk
Timashevsk
Tuapse
Krasnodar
Novorossiysk
Belgorod
Valuyki
Rossosh
Kupyansk
Chuhuiv
Pisochyn
Kharkiv
Vovchansk
Shchigry
Kurchatov
Stary Oskol
Gubkin
Lozova
Izyum
Severodonetsk
Kramatorsk
Luhansk
Donetsk
Bakhmut
Pokrovsk
Poltava
Romny
Lebedyn
Okhtyrka
Bilopillia
Sumy
Shostka
Konotop
Nizhyn
Noshorod-Sivers'kyi
Chernihiv
Paliieski State Radioecological Reserve
Mazyr
Luninets
Brest
Biała Podlaska
Lublin
Zamość
Lutsk
Rivne
Dubno
Chervonohrad
Lviv
Przemyśl
Sanok
Drohobych
Stryi
Ivano-Frankivsk
Kolomyia
Yaremche
Chernivtsi
Zhytomyr
Berdychiv
Bila Tserkva
Pereiaslav

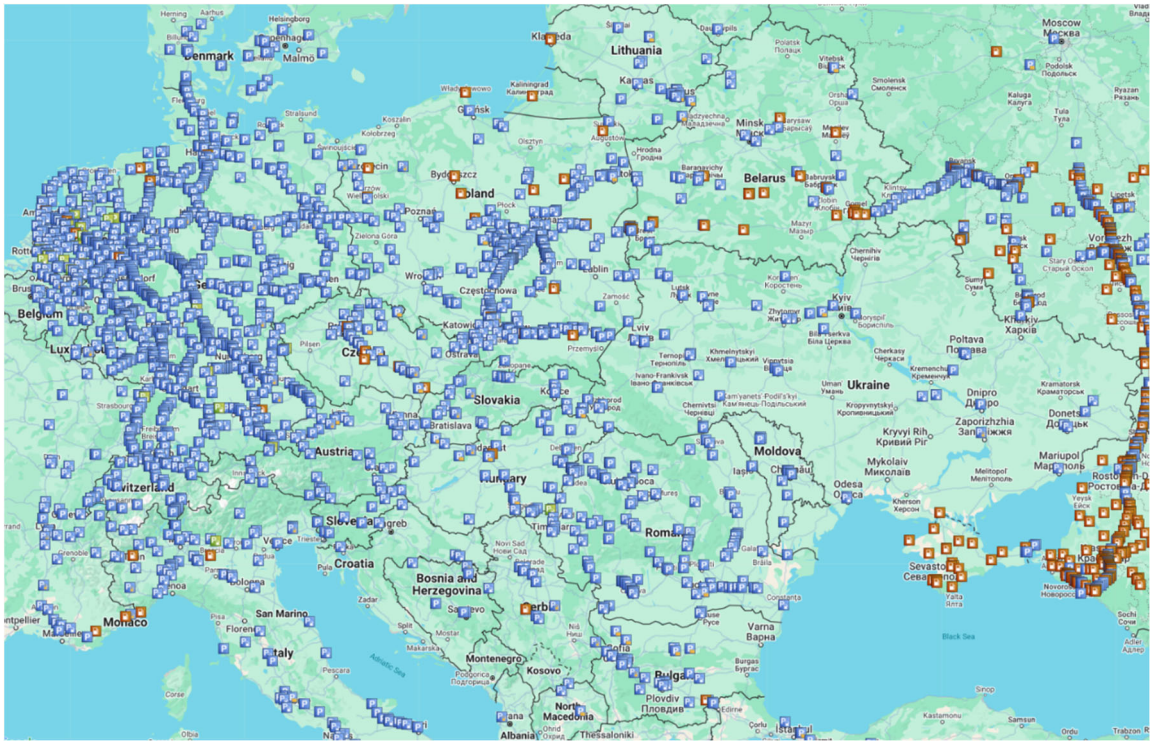


Рисунок 4 – Зони паркування та відпочинку для комерційних транспортних засобів в Європі [16]
Figure 4 – Parking and rest areas for commercial vehicles in Europe [16]

Незважаючи на наявність великої чисельності паркінгів для комерційних транспортних засобів, країни Європейського Союзу постійно працюють над питанням підвищення безпеки перевезень, а у зв'язку з цим – будівництвом нових, а саме безпечних і таких, що охороняються, та модернізацією існуючих зон паркування та відпочинку.

Відповідно до РЕГЛАМЕНТУ (ЄС) 2024/1679 держави-члени ЄС гарантують до 31 грудня 2050 року доступність зон відпочинку на максимальній відстані 100 км одна від одної, які будуть забезпечувати безпечне та достатнє місце для паркування та відповідні зручності, включаючи санітарні приміщення, що відповідають потребам різноманітної робочої сили [3].

Висновки. В умовах євроінтеграційного курсу перед Україною стоять ряд задач, що потребують вирішення. Однією з них є сприяння здійсненню ефективних і безпечних транспортних перевезень.

Рівень безпеки міжнародних автомобільних перевезень залежить від якості відпочинку водіїв комерційного транспорту. Для забезпечення якісного відпочинку водіїв комерційного транспорту є необхідність розвитку такого елементу транспортної інфраструктури як зони паркування та відпочинку для комерційного транспорту. Останні повинні бути обладнані таким чином, щоб під час відпочинку водії не переймались питаннями власної безпеки, збереження транспортного засобу в цілісному стані, схоронності вантажу та забезпечувати водіям під час щоденного чи щотижневого періодів відпочинку доступ до сервісу та послуг, які забезпечують нормальну життєдіяльність людини.

Сьогодні ситуація з зонами паркування та відпочинку для комерційного транспорту в нашій країні не відповідає вимогам потреб ринку: щодо їх кількості, рівню комфорту та безпеки, плановій кількості паркувальних місць і т. д. Тому питання розвитку мережі паркінгів для комерційного транспорту є актуальним, представляє собою науковий інтерес і потребує подальшого дослідження.

Перелік посилань

1. Державна служба статистики України. Економічна статистика/ Економічна діяльність/ Транспорт. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/tr.htm (дата звернення 08.07.2024).

2. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (дата звернення 10.07.2024).

3. REGULATION (EU) 2024/1679 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 June 2024. URL: http://publications.europa.eu/resource/cellar/cc3395a5-3516-11ef-b441-01aa75ed71a1.0006.03/DOC_1 (дата звернення 05.09.2024).

4. European agreement concerning the work of crews of vehicles engaged in international road transport (AETR). URL: https://unece.org/DAM/trans/doc/2010/sc1/ECE-TRANS-SC1-2010-AETR-en.pdf (дата звернення 15.04.2024).

5. Nataliia KATRUSHENKO. PARKING SYSTEM DEVELOPMENT AS ONE OF THE NECESSARY CONDITIONS FOR IMPROVING THE SAFETY LEVEL OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION. Міжнародна наукова конференція ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ: ЕКОЛОГІЯ, БЕЗПЕКА, ЯКІСТЬ, КОМФОРТ: Збірник тез доповідей. Київ, Україна, 2022. С. 131-133. URL: https://drive.google.com/file/d/1p2IBBnnsOP5Xt_aFF9WCOeN-_bSGpzPu/view.

6. Патрульна поліція. Статистика. URL: https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/ (дата звернення 17.07.2024).

7. ПУБЛІЧНИЙ ЗВІТ Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Михайла Ноняка за 2017 рік. URL: https://old.dsbt.gov.ua/uk/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-myhayla-0 (дата звернення 17.07.2024).

8. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Михайла Ноняка за 2018 рік. URL: https://old.dsbt.gov.ua/uk/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-myhayla-1 (дата звернення 17.07.2024).

9. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Олександра ПОГОРІЛОГО за 2019 рік. URL: https://old.dsbt.gov.ua/uk/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-oleksandra (дата звернення 17.07.2024).

10. Публічний звіт Голови Укртрансбезпеки Єгора Прокопчука за 2020 рік. URL: https://old.dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/_pdf/publichnyy_zvit_golovy_dsbt.pdf (дата звернення 17.07.2024).

11. ПУБЛІЧНИЙ ЗВІТ ГОЛОВИ ДСБТ ЄВГЕНА ЗБОРОВСЬКОГО 2022 РІК. URL: https://dsbt.gov.ua/images/public_reports/publichnyy_zvit_2022_na_sayt.pdf (дата звернення 17.07.2024).

12. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Євгена Зборовського за 2023 рік. URL: https://dsbt.gov.ua/pro-sluzhbu/publichni-zvity/publichnyi-zvit-holovy-derzhavnoi-sluzhby-ukrainy-z-bezpeky-na-transporti-yevhena-zborovskoho-za-2023rik (дата звернення 17.07.2024).

13. ВИСОКИЙ ВАЛ. URL: https://www.val.ua/ru/site/125300 (дата звернення 09.09.2024).

14. Новини. LIVE Одеса. URL: https://t.me/odesalivetv/8446 (дата звернення 09.09.2024).

15. Втома, погані дороги і несправні гальма: чому в Україні трапляється все більше ДТП за участю вантажівок. URL: https://accident.novyny.live/dtp/ustalost-plokhie-dorogi-i-neispravnye-tormoza-pochemu-v-ukraine-sluchaetsia-vse-bolshe-dtp-s-uchastiem-gruzovikov-26486.html (дата звернення 09.09.2024).

16.TRANSPark. International Transport Forum. URL: https://transpark-app.iru.org/ (дата звернення 18.07.2024).

17.Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text (дата звернення 27.05.2024).

THE NETWORK OF PARKING FOR COMMERCIAL TRANSPORT: THE STATE AND THE PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT

Katrushenko Nataliia A., Senior Lecturer of the Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: n.katrushenko@gmail.com, +380971722287, https://orcid.org/0000-0003-4810-9649

Dobrovolskyi Oleksandr O., Candidate of Science in Engineering, Associate Professor, Dean of the Faculty of Automotive and Mechanical Engineering, National Transport University, Kyiv, e-mail: dobrovolskiy@ntu.edu.ua, +380632977210, https://orcid.org/0000-0003-0048-1388

Abstract. The high level of transport safety is important for the development of the country's economy today. International road transport provides a significant share for the functioning of the entire foreign economic activity of the country. Therefore, the increasing level of safety of international road transport is an important issue and it requires attention.

The level of safety of international road transportation is affected by the quality of rest of the drivers who perform such transportation. The work of commercial transport drivers is monotonous, so it can cause a lulling effect even under the most ideal and comfortable conditions. Sharing their experience, international drivers claim: "as if someone is singing a lullaby", "you don't notice when sleep comes." In conditions of fatigue, this effect only increases. Uncontrolled closing of the eyes by the driver for just a few seconds often leads to fatal consequences. After the driver becomes aware of his condition, a quick and inadequate response follows, which in most cases leads to traffic accidents, the consequences of which are: the injury/death of the driver; damage/loss of the vehicle; damage/loss of cargo being transported; the injury/death of other road users; environmental pollution and poisoning of people in case of the transportation of dangerous goods, etc.

To ensure high-quality rest of the drivers of commercial transport and, accordingly, the high level of safety of international road transport in general, there is a need to develop such an element of transport infrastructure as parking and the rest areas for commercial transport.

It is important that drivers do not simply stick to the assigned daily and weekly rest periods but actually rest properly within these periods. During the rest period, drivers should not worry about such issues as: their own safety, the preservation of the vehicle in an intact condition, and the safety of the cargo. The issue of providing drivers with an access to the services, which ensures regular human activities within daily or weekly rest periods is equally important.

Key words: daily rest period, weekly rest period, safety of international road transport, parking and rest areas, commercial transport.

References

1. State Statistics Service of Ukraine. Economic statistics/ Economic activity/ Transport. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/tr.htm (date of application 08.07.2024).

2. Association Agreement between the European Union and the European Atomic Energy Community and their member states, of the one part, and Ukraine, of the other part. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (date of application 10.07.2024).

3. REGULATION (EU) 2024/1679 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 June 2024. URL: http://publications.europa.eu/resource/cellar/cc3395a5-3516-11ef-b441-01aa75ed71a1.0006.03/DOC_1 (date of application 05.09.2024).

4. European agreement concerning the work of crews of vehicles engaged in international road transport (AETR). URL: https://unece.org/DAM/trans/doc/2010/sc1/ECE-TRANS-SC1-2010-AETR-en.pdf (date of application 15.04.2024).

5. Nataliia KATRUSHENKO. PARKING SYSTEM DEVELOPMENT AS ONE OF THE NECESSARY CONDITIONS FOR IMPROVING THE SAFETY LEVEL OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION. International Scientific Conference INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS: ECOLOGY, SAFETY, QUALITY, COMFORT: Theses Collection. Kyiv, Ukraine, 2022. P. 131-133. URL: https://drive.google.com/file/d/1p2IBBnnsOP5Xt_aFF9WCOeN-_bSGpzPu/view.

6. Patrol police. Statistics. URL: https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/ (date of application 17.07.2024).

7. PUBLIC REPORT of the Head of the State Transport Safety Service of Ukraine Mykhailo Nonyak for 2017. URL: https://old.dsbt.gov.ua/uk/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-myhayla-0 (date of application 17.07.2024).

8. Public report of the Head of the State Transport Safety Service of Ukraine Mykhailo Nonyak for 2018. URL: https://old.dsbt.gov.ua/uk/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-myhayla-1 (date of application 17.07.2024).

9. Public report of the Head of the State Transport Safety Service of Ukraine Oleksandr POHORILY for 2019. URL: https://old.dsbt.gov.ua/uk/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-oleksandra (date of application 17.07.2024).

10. Public report of the Head of Ukrtransbezpeka Yehor Prokopchuk for 2020. URL: https://old.dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/_pdf/publichnyy_zvit_golovy_dsbt.pdf (date of application 17.07.2024).

11. 2022 PUBLIC REPORT OF THE HEAD OF THE STSS OF YEVHEN ZBOROVSKY. URL: https://dsbt.gov.ua/images/public_reports/publichnyy_zvit_2022_na_sayt.pdf (date of application 17.07.2024).

12. Public report of Yevhen Zborovsky, Head of the State Transport Safety Service of Ukraine for 2023. URL: https://dsbt.gov.ua/pro-sluzhbu/publichni-zvity/publichnyi-zvit-holovy-derzhavnoi-sluzhby-ukrainy-z-bezpeky-na-transporti-yevhena-zborovskoho-za-2023rik (date of application 17.07.2024).

13. VYSOKYI VAL. URL: https://www.val.ua/ru/site/125300 (date of application 09.09.2024).

14. News. LIVE Odesa. URL: https://t.me/odesalivetv/8446 (date of application 09.09.2024).

15. Fatigue, bad roads and faulty brakes: why there are more and more road accidents involving trucks in Ukraine. URL: https://accident.novyny.live/dtp/ustalost-plokhie-dorogi-i-neispravnye-tormoza-pochemu-v-ukraine-sluchaetsia-vse-bolshe-dtp-s-uchastiem-gruzovikov-26486.html (date of application 09.09.2024).

16. TRANSPark. International Transport Forum. URL: https://transpark-app.iru.org/ (date of application 18.07.2024).

17. National Transport Strategy of Ukraine 2030. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text (date of application 27.05.2024).

УДК 656.1/.5 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-294-313**
UDK 656.1/.5

МІЖНАРОДНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМИ: ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПУ СЕКЦІЙНОГО ВИПУСКУ ТА ЗАМІНИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

INTERNATIONAL TRANSPORTATION BY ELECTRIC VEHICLES: ADVANTAGES OF USING THE MODULAR PRINCIPLE OF SECTIONAL RELEASE AND BATTERY REPLACEMENT



***Порфіренко Володимир Іванович**, кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри менеджменту, e-mail: porfirenko@gmail.com, тел. +380 67 5034433, Україна, 01010, м. Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, к. 242.*

https://orcid.org/0000-0003-0329-6217



***Кудін Євгенія Русланівна**, магістр, Національний транспортний університет, e-mail: zheniya2003@gmail.com, тел. +380 95 122 94 08, Україна, 01010, м. Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, к. 242.*

https://orcid.org/0000-0001-6740-8789

Анотація. Стаття присвячена дослідженню розвитку виробництва та експлуатації електробусів на міжнародних перевезеннях. Особливу роль відіграють новітні електробуси з сучасним обладнанням. Використання електробусів на міжнародних перевезеннях набирає популярності завдяки їхнім численним перевагам. Цей новий вид транспорту відкриває нові можливості для зменшення впливу на навколишнє середовище і покращення якості повітря. Водночас існують певні виклики, які потребують уваги при переході до електробусів на міжнародних маршрутах.

Об'єкт дослідження – розвиток електробусів для міжнародних перевезень.

Мета роботи – дослідження впливу електробусів на навколишнє середовище та ефективність їх використання в міжнародних перевезеннях.

Методи дослідження – статистичні та порівняльні методи.

Проведено аналіз переходу на електробуси Україні. Проведено порівняльний аналіз основних переваг та недоліків електробусів. Проведено аналіз шляхів розвитку електробусів в світі.. На основі проаналізованих даних, запропоновані шляхи популяризації та розвитку електробусів в Україні.

Ключові слова: електробуси**,** електромобіль, інноваційна модульна методика випуску та заміни акб, уніфікація, міжнародні перевезення, ,акумуляторні батареї, ефективність електроперевезень, утилізація, енергія.

Постановка проблеми.

Велика низка екологічних проблем, серед яких глобальне потепління та колосальне забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згоряння, створила підґрунтя до пошуку та розробки екологічно «чистіших» транспортних засобів.

Ринок автомобілів з електричним двигуном у світі набуває все більшої популярності, й Україна також не стала винятком. Проте масовій появі електромобілів перешкоджає їх доволі висока вартість, невеликий обмежений пробіг до вичерпання заряду акумуляторних батарей (АКБ), а також тривала їх ерезарядка . Значною подією для автомобілів з електричним двигуном в Україні є запровадження нульової ставки ввізного мита на транспортні засоби, оснащені електричними двигунами. Закон України № 822-VIII набрав чинності 1 січня 2016 р., і всього лише за рік його дії продемонстрував значний інтерес українців до «зелених» технологій. Тому розвиток ринку електромобілів в Україні є доволі актуальний. В умовах дефіциту енергоресурсів, інтенсивного забруднення навколишнього середовища та світових економічних кризових явищ такі інноваційні транспортні засоби, як електромобілі, загалом є одними із найперспективніших видів транспортних засобів.

Одним зі значущих питань бюджетної сфери України є бюджетні видатки на розбудову та відновлення інфраструктури доріг. Розвиток міжнародного ринку автомобілів та його всезростаючий вплив на економіку України може стати потужним поштовхом для вирішення питання в цій сфері. В цьому випадку мова йде про ринок електромобілів та можливі шляхи створення системи міжнародних перевезень «зеленими» автомобілями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Ринок енергозберігаючих технологій в Україні за останні роки розвивається семимильними кроками. Все більші обсяги альтернативних джерел енергії вводяться в експлуатацію (сонячні, вітрові електростанції, побутова енергонезалежність тощо), ефективно функціонують та слугують потужнім інструментом забезпечення сталого розвитку, в напрямку якого Україна взяла впевнений курс.

У більшості випадків, економічний ефект від впровадження альтернативних джерел енергії базується на частковій або повній відмові від традиційних джерел, що, в свою чергу, дозволяє економити фінансові ресурси та вивільнити їх для потенційно більш доцільного використання. З цієї точки зору, створення додаткового фінансового тягаря, у вигляді податків на енергозберігаючі технології, є певним покаранням фізичної особи чи підприємства, що їх фінансують та впроваджують, за те, що вони взагалі це роблять – за економію енергоносіїв. Вочевидь, така практика немає нічого спільного із соціальною справедливістю, загальмує на десятиліття будь-які проекти в сфері енергозбереження та поверне нашу державу до екстенсивних методів господарювання, чого допустити категорично не можна.

Проте, сфера електромобілів – зовсім інше питання. Заправляючи автомобіль на АЗС, власник автомобіля з класичною силовою установкою має сплатити зокрема акцизний збір та ПДВ. Чим частіше і довше автомобіль знаходиться в експлуатації – тим більший акцизний збір та ПДВ стягується з його власника: пряма залежність. Весь обсяг акцизних платежів від купівлі палива (бензинів, газу або дизельного палива) надходить до державного бюджету і складає, зокрема, фінансову основу для розбудови та відновлення інфраструктури доріг.

Протилежна ситуація виникає у випадку електромобілів: для їх використання не існує необхідності купувати паливо, а відтак і сплачувати акциз та ПДВ. В даному випадку, якщо не заглиблюватися у подальший аналіз електромобілів, можна зробити висновок аналогічний тому, який ми зробили для енергозберігаючих технологій в цілому. Разом з тим, якщо населення чи підприємства

мають намір впроваджувати, скажімо, альтернативну енергетику, то вони це здійснюють або на площах, які належать їм безпосередньо, або які вони орендують. Іншими словами, для задоволення їх потреби у альтернативній енергетиці, інтереси третіх сторін не порушуються. Власники ж електромобілів аналогічно впливають на фізичне зношення інфраструктури доріг (як і власники автомобілів із класичною - паливною силовою установкою), не відшкодовуючи при цьому кошти в тому обсязі, як це роблять власники автомобілів із класичною силовою установкою[1].

Конструктивно електромобілі майже не відрізняються від бензинових, газових або дизельних автівок. Адже конструкцію класичного авто було взято за основу під час створення електрокара. Колеса, підвіска, кермо, педалі — все це так само є в електромобілях. Основна відмінність — замість двигуна внутрішнього згоряння в електрокарі встановлено електричний двигун, а джерелом його живлення слугує батарея.

Переваги електромобілів:

– **Економічність**. Вартість річної зарядки електромобіля майже на 63 % нижча від річної заправки паливного автомобіля.

– **Екологічність**. Насамперед мова йде про відсутність викидів вихлопних газів. Нижча вартість обслуговування двигуна й трансмісії, якщо порівнювати с бензиновим аналогом.

– **Низький рівень шуму**. Ця перевага особливо актуальна в мегаполісах із великою кількістю транспорту.

– **Краща динаміка.** Максимальний крутний момент досягається з перших оборотів.

– **Безпека.** Центр ваги автомобіля зміщено вниз, тому електрокари рідше перевертаються і краще поводяться під час різких маневрів.

Але, як і всі автомобілі, електричні мають і свої недоліки, а саме:

– **Обмежений запас ходу**. Зазвичай на одній зарядці електрокари можуть проїхати від 150 до 350 км (залежно від моделі). Виняток — преміальні моделі, такі як Tesla та Jaguar, та деякі сінші.

– **Висока ціна.** Вартість електрокарів у півтора-два рази вища, ніж у більшості класичних автомобілів середнього класу.

– **Чутливість до температури повітря.** Місткість батареї зменшується під час похолодання (при +5 °C — на 20 %, при –12 °C — на 50 %).

– **Проблеми з мікрокліматом у салоні.** Кондиціонер працює від батареї, що зменшує запас заряду приблизно на 20 %. Можна, звичайно ж, встановити автономний обігрівач, але це стане джерелом додаткових витрат.

– **Слабка інфраструктура зарядних пристроїв**. В невеликих містах немає точок із зарядними пристроями (або їх дуже мало), тому власникам електрокарів доводиться заряджати свої автомобілі від розетки вдома або в офісі[2].

Свій розвиток мають і електробуси. На європейському ринку флагманство та тенденції створення електоавтобусів належать таким виробникам: польському Solaris, шведському Volvo, німецькому MAN і Mercedes-Benz. BYD активно розвивається та китайському ринку. Але тенденції щодо кількості виробництва електроавтобусів на разі немає, при цьому Китай не відстає від європейського ринку.

Зокрема, MAN випустив 18-метровий електроавтобус Lion’s City 18 E, розрахований на перевезення 120 паса-жирів. Потужність електродвигуна від 350 до 480 кВт з модульною батареєю 640 кВт·г. Польський Solaris випустив 15-метрову модель Urbino 15 LE electric з трьома дверима для перевезення 53 пасажирів на сидячих місцях. Основне призначення - для міських та приміських

перевезень, з потужністю двигуна 300 кВт, а також водним охолодженням, чотири батарейні блоки розташовані у задній частині автобуса, ще дві на даху, загальна потужність акумулятора 470 кВт.

Особливу увагу слід звернути на 18-метровий електроавтобус від німецького виробника Mercedes-Benz eCitaro G. Це перша серійна модель міського автобусу з батареями, які мають твердий склад. Такий склад сприяє збільшенню збереження енергії на 25% та терміну служби, ніж літій-іонові батареї. Компанія гарантує до 10 років експлуатації батареї на електроавтобусі eCitaro G та пробіг – до 840 тис. км. Ємність батареї складає 441 кВт•г, що дозволяє eCitaro G мати запас ходу до 220 км у теплий період і до 170 км пробігу в холодний період при увімкненому опаленні.

Починаючи з 2015 року львівський завод «Електрон» запропонував проект та випустив перший електроавтобус «Електрон Е191». Довжина кузова 12 метрів з розрахунком на 100 пасажирів. Повного заряду батареї вистачає на 225 км, при цьому акумулятор витримує від 5 до 8 циклів перезарядки протягом 7 годин. Є дуже цікава особливість львівського електроавтобуса – це наявність пантографа. Цей прилад надає можливість працювати електроавтобусу і як тролейбусу, оскільки зарядження відбувається від контактної мережі.

Домінуюче місце щодо батарейних моделей належить комплекту батарей на борту електроавтобуса, але тенденція використання різних речовин для батарей є, і водневі паливні елементи застосовуються тощо. Наприклад, на півночі Данії працює водородна модель А330 від компанії Van Hool.

Велика увага приділяється в Україні розвитку транспортної інфраструктури у напрямку електротранспорту в межах міста. Для цього, починаючи з 30 жовтня 2019 року, під час зібрання Федерації роботодавців автомобільної галузі, розглядались питання щодо термінології проектування та виробництва електротранспорту, його електрозарядної інфраструктури, зарядних пристроїв та широкого вивчення ринку забезпечення електроавтобусами для комунальних підприємств міст.

Основними представниками підприємств–виробників електротранспорту в Україні виступають: компанія Murmuration technology, компанія Єврокар, АВЕРЕ Україна Укравтопром, EV-UA – Українська Асоціація Учасників Ринку Електромобілів, ГО «Клуб «Електро-автосам»», Федерація роботодавців автомобільної галузі, Корпорація «Богдан». За результатами зустрічі були внесені пропозиції щодо внесення змін до закону України «Про автомобільний транспорт» в Розділ VI «Прикінцевих положень», зокрема:

1. Розробити екологічні вимоги до парку автобусів, які обслуговують пасажирів на міських маршрутах в містах Київ, Харків, Дніпро, Одеса, Львів з поетапним доведенням кількості електроавтобусів українського виробництва (що мають один або кілька електродвигунів) від парку від 5 відсотків у 2021 році до 50% в 2031 році.

2. Розробити екологічні вимоги до парку автомобільних транспортних засобів, які здійснюють перевезення побутового і харчового сміття в містах Київ, Харків, Дніпро, Одеса, Львів з поетапним доведенням кількості електровантажівок українського виробництва (сміттєвозів, що мають в якості двигуна один або кілька електродвигунів) від парку від 5 відсотків в 2021 році до 50% в 2031 році.

Однією з перших українських компаній, яка отримала сертифікат відповідності на виробництво стала компанія Skywell. Це 12-метровий автобус NJL 6129 BEV, який розрахований на перевезення 81 пасажира, зокрема місць для сидіння – 32. Максимальна швидкість складає 70 км/год, запас ходи – 300 км. На зарядку електробатарей йде 40–80 хвилин. Електроавтобус оснащений LED-освітленням, підсвіткою сходинок, низькою підлогою, водійським сидінням з електропідігрівом, системою відеоконтролю парковки і дверей під час зупинок[3].

Віднесення електромобілів до повністю екологічного транспорту досі викликає дискусії. Адже викиди парникових газів під час виробництва, заправки, експлуатації і утилізації таких авто не є нульовими. Однак протягом усього життєвого циклу (зокрема завдяки вищому ККД електродвигуна) електромобілі продукують як мінімум на 22% менше викидів CO_2, а у країнах з декарбонізованою енергетикою цей показник може сягати 70-80 %. В Україні ж 53% електроенергії виробляють атомні електростанції, але щобільшою ставатиме частка відновлюваної (сонячної, вітрової) енергетики, то більш екологічними ставатимуть електрокари.

В Україні темпи купівлі електромобілів зростають. Якщо у 2012-2013 роках електрокари тільки-но почали з'являлися, то на кінець 2020 року зареєстровано всього понад 20 тисяч машин на електротязі. При цьому за січень-вересень 2020 року в Україні зареєстровано 5 384 електромобілі і 297 046 легкових авто з ДВЗ, тобто співвідношення кількості електричних авто до паливних і гібридних — 2 до 98. Особливість українського ринку електрокарів полягає у тому, що переважну його більшість складають вживані іномарки із США та деяких країн Європи.

До кінця 2022 року Податковим кодексом України був передбачений пільговий режим для ввезення електромобілів. До цього часу електрокари звільнили від сплати податку на додану вартість (ПДВ). Також діє спеціальний акциз, розмір якого залежить від ємності акумулятора. Крім того, 2020 року сервісні центри МВС почали видавати зелені номерні знаки для електромобілів та електробусів. Власники зелених номерів матимуть право паркуватися на спеціально відведених місцях (зокрема щоб отримувати безперебійний доступ до зарядних станцій). Також вони зможуть користуватися перевагами дорожніх знаків «Для електромобілів», «Крім електромобілів», «Станція зарядки електромобілів».

Ще один важливий аспект стимулювання попиту на електромобілі — розвиток зручної інфраструктури, за допомогою якої власник може без проблем зарядити автомобіль. За даними маркетингового агентства IRS Group, на вересень 2020 року в Україні налічується 8529 пунктів електрозарядних станцій. Протягом року їхня кількість збільшилася більш ніж наполовину.

Велику частку українського ринку зарядних станцій займає харківська компанія Autoenterprise, що виробляє станції для зарядження, керує власною зарядною мережею, а ще імпортує електромобілі. Директор компанії Дмитро Ніконов каже, що саме інженерні розробки є основним напрямом діяльності компанії.

Autoenterprise виробляє комерційні зарядні станції (зокрема швидкісні), а також комплекси, що можуть заряджати до 5-6 машин одночасно. Близько третини зарядних пристроїв компанія виготовляє для внутрішнього ринку, решту — для іноземних компаній. Autoenterprise працює в рамках концепції white label, тобто виготовлені нею зарядні пристрої використовують під своїм брендом компанії по всьому світу.

Компанія має декілька ініціатив у галузі економіки спільної участі (англ. sharing economy). Вона започаткувала програму Charge Sharing, за допомогою якої можна розвивати власну мережу зарядних станцій і надавати послуги заряджання електромобілів за власними тарифами. Також запустили проект AE Car Sharing — похвилинну оренду електротранспорту. Крім цього, Autoenterprise сама розробляє електротранспорт — тролейбуси, трактори і квадроцикли[4].

Перехід на міжнародні автоперевезення із застосуванням електробусів та вантажівок на електричному ходу, - є складним процесом, що вимагає розгляду багатьох аспектів, включаючи наявність інфраструктури, економічну доцільність, екологічні стандарти та технологічні можливості.

Кроки для переходу на міжнародні електричні автоперевезення

1. **Оцінка попиту та маршруту**:

1.1. Визначення ключових ринків та маршрутів для перевезень.

1.2. Дослідження конкурентів та їхніх послуг.

2. **Ліцензування та регулювання**:

2.1. Отримання необхідних ліцензій для міжнародних перевезень.

2.2. Ознайомлення з правилами та стандартами, встановленими в країнах, через які проходитимуть маршрути.

3. **Інфраструктура та логістика**:

3.1. Забезпечення наявності відповідних транспортних засобів.

3.2. Визначення пунктів зупинок та обслуговування.

4. **Страхування та безпека**:

4.1Оформлення міжнародного страхування для транспорту та вантажу.

4.2Встановлення системи моніторингу та безпеки.

5. **Кадрові ресурси**:

5.1Найм водіїв з досвідом міжнародних перевезень.

5.2Забезпечення навчання персоналу з міжнародних норм та стандартів.

Аналізуючи причини, чому електробуси та вантажівки на електричному ходу поки не застосовуються широко в міжнародних перевезеннях, можна визначити наступні пункти:

1. Обмежений запас ходу:

1.1Більшість сучасних електробусів мають обмежений запас ходу на одному заряді, що робить їх менш придатними для довгих міжнародних маршрутів.

2. Недостатня інфраструктура зарядки:

2.1У багатьох країнах відсутня розвинена інфраструктура для зарядки електробусів на міжнародних трасах.

2.2Відсутність стандартизованих зарядних станцій у різних країнах.

3. Висока вартість електробусів:

3.1Первинна вартість електробусів значно вища порівняно з традиційними дизельними або бензиновими автобусами.

3.2Високі витрати на встановлення інфраструктури зарядки.

4. Технологічні обмеження:

4.1Технології акумуляторів поки що не забезпечують достатню потужність для тривалих міжнародних поїздок.

4.2Потреба в частих перезарядках та довгий час зарядки.

5. Економічна доцільність:

5.1Традиційні автобуси часто є більш економічно вигідними для операторів через їхню надійність та більший запас ходу.

5.2Переваги від використання електробусів можуть бути менш очевидними в короткостроковій перспективі.

6 Екологічні стандарти та політика

6.1Багато країн ще не ввели жорсткі екологічні стандарти, які б змусили перевізників переходити на електричний транспорт.

Хоча електробуси мають великий потенціал, існує низка причин, чому вони ще не стали основним вибором для міжнародних перевезень. Вдосконалення технологій акумуляторів, розбудова інфраструктури зарядки та впровадження жорсткіших екологічних стандартів можуть прискорити перехід на електробуси в майбутньому.

Для прикладу візьмемо маршрут Київ-Кельн. Він є одним із популярних міжнародних автобусних маршрутів, що з'єднує столицю України з одним із великих міст Німеччини. Виконання цього маршруту здійснюється кількома відомими автобусними компаніями, такими як FlixBus, Ecolines та EuroClub. Кожна з цих компаній пропонує свої умови та послуги, але основна суть залишається незмінною — забезпечити комфортну та безпечну подорож пасажирів на значну відстань.

Маршрут між Києвом і Кельном становить приблизно 1,800-1,900 км, залежно від конкретного маршруту, обраного автобусною компанією. Зазвичай, автобуси здійснюють зупинки в таких ключових містах, як Львів (Україна), Перемишль, Краків, Вроцлав (Польща), Берлін, Дортмунд (Німеччина). Ці зупинки не лише дозволяють пасажирам відпочити, а й дають змогу водіям провести необхідні технічні перевірки та заправити автобус. Заправки відбуваються переважно на спеціалізованих автостоянках для автобусів, оснащених сучасними АЗС.

Собівартість виконання маршруту Київ-Кельн на автобусі складається з кількох основних компонентів. Перш за все, це витрати на паливо. Дизельне пальне є основним видом палива для міжміських автобусів. Середня витрата палива на 100 км становить близько 30 літрів. Відповідно, на всю довжину маршруту в 1,800 км витрачається приблизно 540 літрів дизельного палива. З урахуванням середньої ціни дизельного палива в Європі, яка становить близько 1.50-1.80 євро за літр, витрати на паливо можуть скласти близько 864 євро.

Окрім витрат на паливо, значну частину собівартості складають заробітна плата водіїв, технічне обслуговування автобуса, плата за користування автомагістралями (наприклад, у Польщі та Німеччині), страхування та інші адміністративні витрати. Зарплата водія враховує не лише час у дорозі, але й необхідні відпочинки та зміни водіїв для забезпечення безпеки. Технічне обслуговування включає регулярні перевірки стану автобусу та ремонтні роботи в разі потреби. Плата за користування автомагістралями в різних країнах може суттєво впливати на загальну собівартість маршруту.

У підсумку, загальна собівартість виконання маршруту Київ-Кельн може коливатися від 1,000 до 1,500 євро. Це залежить від багатьох факторів, включаючи конкретні умови та маршрути, обрані автобусними компаніями, поточні ціни на паливо, а також специфіку витрат на технічне обслуговування та інші адміністративні витрати. Виконання цього маршруту є складним процесом, що вимагає ретельного планування та організації, щоб забезпечити комфорт і безпеку пасажирів.

Автобусні перевезення, особливо на такі далекі відстані, такі як маршрут Київ-Кельн, мають значний вплив на екологію через викиди парникових газів. Дизельні двигуни автобусів виробляють велику кількість вуглекислого газу (CO_2), оксидів азоту (NO_x) та інших шкідливих речовин, які сприяють забрудненню повітря і глобальному потеплінню. Згідно з дослідженнями, один міжміський автобус може викидати близько 1 кг CO_2 на кожен кілометр шляху. Таким чином, на маршруті в 1,800 км один автобус викидає приблизно 1,800 кг CO_2, що є значною кількістю і негативно впливає на навколишнє середовище.

У зв'язку з підвищенням екологічної свідомості та розвитком технологій, все більше уваги привертається до можливості використання електробусів на довгих маршрутах. Електробуси не викидають парникових газів під час руху, що значно знижує їхній вплив на екологію. Однак, впровадження електробусів на маршрут Київ-Кельн стикається з певними викликами.

Внутрішня структура електробуса дещо відрізняється від звичайного автобусу, головним чином через наявність електродвигуна та акумуляторних батарей. Розглянемо основні складові частини електробуса.



Рисунок 1 – Технічна будова електробуса.
Figure 1 – Technical structure of an electric bus.

Основні компоненти електробуса:

– Акумуляторні батареї - Акумуляторні батареї є центральним елементом електробуса, оскільки вони забезпечують його енергією. Батареї можуть бути розташовані в різних частинах транспортного засобу: на даху, під підлогою або в задній частині. Вони накопичують електричну енергію, яку електродвигун використовує для приведення автобуса в рух. Залежно від моделі електробуса та умов експлуатації, батареї можуть забезпечувати пробіг на одній зарядці від кількох десятків до сотень кілометрів.

– Електродвигун - Електродвигун є основним джерелом руху в електробусі. Він перетворює електричну енергію з акумуляторних батарей у механічну, що дозволяє транспортному засобу рухатися. На відміну від двигунів внутрішнього згоряння, електродвигун працює набагато тихіше і не викидає шкідливих газів, що є значною перевагою для міського середовища.

– Система управління енергією - Система управління енергією контролює заряд і розряд акумуляторів, а також регулює подачу енергії до електродвигуна. Ця система забезпечує оптимальне використання енергії, що сприяє ефективнішій роботі електробуса та подовженню терміну служби батарей. Вона також включає системи відновлення енергії, такі як рекуперативне гальмування, яке дозволяє зберігати енергію під час гальмування для подальшого використання.

– Салон електробуса - Інтер'єр електробуса мало відрізняється від інтер'єру звичайного автобуса. У салоні розташовані сидіння для пасажирів, поручні, місця для інвалідів, а також спеціальні секції для стоячих пасажирів. Однак завдяки електричному двигуну в салоні значно тихіше, що підвищує комфорт для пасажирів. Багато сучасних електробусів оснащені клімат-контролем, який підтримує оптимальну температуру всередині салону незалежно від зовнішніх умов.

– Інформаційні системи - У більшості електробусів встановлені сучасні інформаційні системи, які інформують пасажирів про зупинки, маршрути та інші важливі оголошення. Ці системи можуть включати електронні табло, аудіоінформацію та інші зручності, які роблять поїздки більш комфортними та інформативними.

– Зарядний порт - Для підзарядки батарей електробус обладнаний спеціальним зарядним портом. Зарядка може здійснюватися на станціях швидкої зарядки, що розташовані на кінцевих зупинках або в депо, а також під час нічного простою. Залежно від типу зарядної станції та батарей, повна зарядка може тривати від кількох хвилин до кількох годин.

Основна проблема використання електробусів на далекі відстані полягає в їхній обмеженій автономності. Сучасні електробуси мають запас ходу від 200 до 400 км на одному заряді, що значно менше, ніж необхідно для маршруту довжиною 1,800 км. Це означає, що електробусам знадобиться декілька зупинок для підзарядки протягом поїздки.

Зарядка електробуса може займати від 1 до 4 годин, залежно від потужності зарядної станції та ємності акумулятора. Наявність достатньої кількості швидкісних зарядних станцій вздовж маршруту є важливим аспектом для забезпечення безперебійної роботи електробусів. Відсутність таких станцій або їх недостатня кількість може призвести до значних затримок у графіку маршруту, що є неприпустимим для комерційних перевезень. Крім того, тривала зарядка може вплинути на зручність пасажирів, оскільки час у дорозі значно збільшується.

Використання електробусів на маршруті Київ-Кельн має великий потенціал для зниження негативного впливу на екологію, проте вимагає значних інвестицій в інфраструктуру зарядних станцій та ретельного планування маршруту з урахуванням часу на зарядку. Попри всі переваги, поточний

рівень розвитку технологій ще не дозволяє зробити електробуси повноцінною альтернативою дизельним автобусам на далекі відстані без порушення графіку та зниження комфорту пасажирів.

Одним із перспективних рішень для впровадження електробусів на маршруті Київ-Кельн є використання модульного принципу заміни електричних батарей. Ця технологія дозволяє швидко замінювати розряджені батареї на заряджені, що значно скорочує час простою електробуса. Процес заміни батареї може тривати всього 10-15 хвилин, що порівняно з часом заправки дизельним паливом без черги.

Модульний принцип передбачає використання стандартних змінних батарей, які легко витягуються та вставляються в спеціальні відсіки електробуса. На зупинках, обладнаних для такої заміни, спеціалізовані станції зберігають заряджені батареї. Коли автобус прибуває на таку зупинку, розряджена батарея швидко витягується та замінюється на нову, заряджену. Це дозволяє уникнути довготривалої зарядки і значно підвищує ефективність використання електробусів на далекі відстані.

Основною перевагою модульної заміни батарей є можливість забезпечити безперервний рух електробусів без значних затримок у графіку. Це дозволяє зберегти комфорт пасажирів та конкурентоспроможність електричних транспортних засобів порівняно з дизельними автобусами. Однак, для впровадження цієї системи необхідно створити розвинену інфраструктуру спеціалізованих станцій для заміни батарей уздовж маршруту. Це потребує значних інвестицій та координації між різними зацікавленими сторонами, включаючи транспортні компанії, виробників електробусів та енергетичні компанії.

Застосування модульного принципу заміни електричних батарей може стати ефективним рішенням для впровадження електробусів як на маршруті Київ-Кельн, так і взагалі для всієї системи електробусних міжміських та міжнародних автоперевезень. Ця технологія дозволяє скоротити час простою електробусів до мінімуму та забезпечити безперебійний рух на далекі відстані. Незважаючи на значні початкові інвестиції в інфраструктуру, довгострокові переваги, включаючи зниження викидів парникових газів та покращення екологічної ситуації, можуть зробити цей підхід вигідним та перспективним.

Модульний принцип секційного випуску та експлуатації електричних акумуляторних батарей (АКБ) є інноваційним підходом, який може суттєво покращити ефективність використання електротранспорту, включаючи легкові автомобілі, вантажівки та електробуси. Цей підхід передбачає виробництво АКБ у вигляді секцій-модулів, кожна з яких має ємність приблизно 50-60 кВт·год. Такі модулі можуть бути об'єднані в блоки, що складаються з однієї, двох, трьох або більше секцій.

Кожна секція-модуль має стандартний розмір та інтерфейс для підключення, що дозволяє швидко та легко змінювати їх у процесі експлуатації. Для легкових автомобілів може використовуватися один модуль-секція (може ткож випускатись для мікролітражек з малим денним пробігом і «половинна» секція в 30 кВт·год) , тоді як для вантажівок або електробусів може знадобитися два-три або більше модулів. Такий підхід забезпечує гнучкість у виборі кількості АКБ в залежності від потреб конкретного транспортного засобу.

Суть модульного принципу випуску та експлуатації електричних акумуляторних батарей (АКБ) для електроавтомобілів має бути подібною суті випуску та експлуатації батарейок для пультів телевізорів, тюнерів, кондиціонерів та цілої гами іншої споживчої техніки. Всі вони мають всередині уніфіковані однакового розміру батарейки типів АА, ААА, С, D, які різняться згідно їх розміру(рис. 2). Вони можуть бути різних фірм, ємностей, внутрішнього електрохімічного типу, ціни, але одного типоряду. Цей принцип має бути впроваджений на стадії проектування та випуску всіх електромобілів,

без винятку. Така розмірна уніфікація дозволить відійти від персоніфікованої дорогої швидкісної зарядки АКБ, звести до мінімуму час заряджання шляхом заміни розряджених батарей на заряджені. Об'єктивна діагностика стану і справності АКБ допоможе вирішити фінансові питання у випадку, коли знімається АКБ з пошкодженнями, а ставиться абсолютно пригодна перевірена. Має бути винайдена і сплачена різниця їх вартості, причому це буде тільки вартість відновлення, а не купівлі нової АКБ. Створення мережі таких станцій зарядки та відновлення АКБ, у міжнародному сполученні тощо, дозволить мінімізувати вартість зарядки (заміни АКБ), тому що заряджатись всі АКБ на таких станціях будуть не швидкісним прискореним дорогим методом, а звичайним способом, вночі, коли вартість кВт·год має найменший тариф.



Рисунок 2 – Використання модульного принципу секційного випуску, експлуатації та заміни споживчих батарейок та АКБ електромобілів.

Figure 2 – Using the modular principle of sectional production, operation and replacement of consumer batteries and electric vehicle batteries.

Процес заміни модулів-секцій АКБ можна організувати швидко та ефективно. На спеціалізованих станціях розряджені секції-модулі швидко витягуються і замінюються на заряджені. Цей процес займає лише 10-15 хвилин, що в порівнянні з часом заправки дизельним паливом без черги. Така швидкість заміни дозволяє мінімізувати простої та забезпечити безперебійний рух електротранспорту як в міжнародному, міжміському сполученні, так і в містах та сільській місцевості.

Для забезпечення прозорості та ефективності використання АКБ необхідно впровадити систему миттєвої діагностики стану батарей. Ця система дозволяє визначити залишкову ємність кожного модуля при повній зарядці у відсотках. На основі цієї інформації можна організувати систему розрахунків за використання АКБ, де вартість оренди або використання буде залежати від залишкової ємності модулів. Будова сучасних АКБ для електромобілів (рис.3), дозволяє замінювати її складові поелементно, мінімізуючи вартість ремонтних робіт з відновлення нормативної ємності АКБ.

Окрім заміни та використання нових модулів, важливо організувати систему ремонту та відновлення працездатності АКБ. Це включає діагностику несправностей, заміну пошкоджених елементів, перепаковку модулів та інші технічні процедури, що дозволяють продовжити термін служби батарей. Така система може обслуговувати не лише електробуси, але й інші види електротранспорту, включаючи легкові автомобілі та вантажівки.



Рисунок 3 **–** Сучасна будова Li-Ion акумуляторної батареї.
Figure 3 **–** Modern structure of the Li-Ion battery.

Для обґрунтування ємності однієї модульної секції акумуляторної батареї (АКБ) на рівні 60 кВт·год, проведемо аналіз ємностей електричних легкових автомобілів, представлених на ринку. Це допоможе визначити середню ємність батарей, врахувати конкуренцію, зниження ємності під час експлуатації та в холодну пору року.

Відповідно до відкритих джерел, ємності АКБ для популярних моделей електромобілів виглядають наступним чином:

- **Tesla Model 3**: 50-82 кВт·год[5]
- **Nissan Leaf**: 40-62 кВт·год[6]
- **Chevrolet Bolt EV**: 66 кВт·год[7]
- **Hyundai Kona Electric**: 64 кВт·год[8]
- **BMW i3**: 42.2 кВт·год[9]
- **Audi e-tron**: 71-95 кВт·год[10]
- **Volkswagen ID.3**: 45-77 кВт·год[11]

Для визначення середньої ємності, візьмемо середнє значення ємностей для кожної моделі і потім знайдемо загальну середню ємність:

- Tesla Model 3: (50 + 82) / 2 = 66 кВт·год
- Nissan Leaf: (40 + 62) / 2 = 51 кВт·год
- Chevrolet Bolt EV: 66 кВт·год

– Hyundai Kona Electric: 64 кВт·год
– BMW i3: 42,2 кВт·год
– Audi e-tron: (71 + 95) / 2 = 83 кВт·год
– Volkswagen ID.3: (45 + 77) / 2 = 61 кВт·год

Загальна середня ємність:

$$\text{Середня ємність} = \frac{66 + 51 + 66 + 64 + 42{,}2 + 83 + 61}{7} \approx 61{,}6 \text{ кВт/год}$$

Зважаючи на конкурентне середовище, виробники прагнуть підвищувати ємність батарей для збільшення пробігу на одному заряді. Однак, з часом ємність батарей знижується через старіння, цикли зарядки та розрядки, а також через вплив низьких температур у зимовий період.

Зазвичай, втрати ємності можуть становити до 20% протягом 5-8 років експлуатації. Враховуючи це, 60 кВт·год для однієї модульної секції є розумним значенням, яке враховує зниження продуктивності з часом.

Одна модульна секція АКБ ємністю 60 кВт·год є універсальною та може використовуватися у різних типах транспортних засобів:

– **Легкові автомобілі**: один модуль (60 кВт·год) забезпечить прийнятний пробіг для більшості невеликих міських моделей.
– **Повнопривідні легкові, SUW, джипи**: два модуля (120 кВт·год).
– **Електробуси**: три-чотири модулі (180-240 кВт·год) для забезпечення ефективної роботи на міських маршрутах.
– **Вантажні автомобілі**: два-три модулі (120-180 кВт·год) для забезпечення достатнього пробігу та вантажопідйомності.

Кількість літій-іонних батарей, необхідних для транспортних засобів, таких як легковий автомобіль, джип та SUW (suburban wagon) , електробус і вантажівка, залежить від конкретних вимог до ємності батареї, напруги, і конструкції батарейного блоку. Зазвичай це вимірюється не кількістю окремих батарей, а загальною ємністю батарейного блоку. Ось як це працює (рис.4):

1. Легковий автомобіль:

– Ємність батареї: Від 40 до 100 кВт·год.
– Кількість батарейних елементів: Легкові електромобілі, як правило, мають від 4,000 до 7,000 літій-іонних елементів типу 18650 (як у Tesla Model S). Це окремі маленькі батареї, зібрані у модулі.
– Батарейний блок: Містить кілька модулів, кожен з яких складається з сотень батарейних елементів.

2. Джип та SUW:

– Ємність батареї: Від 70 до 150 кВт·год (залежно від моделі).
– Кількість батарейних елементів: Джипи та SUW потребують більшої ємності батареї, ніж легкові авто, тому вони можуть містити від 5,000 до 8,000 елементів, або навіть більше.
– Батарейний блок: Складається з більшої кількості модулів для збільшення ємності та потужності.

3. Електробус:

– Ємність батареї: Від 250 до 600 кВт·год.

– Кількість батарейних елементів: Електробуси можуть мати понад 20,000-30,000 елементів, залежно від потрібної ємності та конструкції батарейного блоку.

– Батарейний блок: Великий блок, який може займати значну частину простору в підлозі або на даху автобуса.

4. Вантажне авто:

– Ємність батареї: Від 300 до 800 кВт·год (залежно від розміру та призначення).

– Кількість батарейних елементів: Вантажівки, такі як Tesla Semi, можуть мати від 30,000 до 40,000 елементів або навіть більше.

– Батарейний блок: Високоінтегрований блок, що включає кілька великих модулів, які забезпечують значний запас ходу та потужність для важкого транспорту.



Рисунок 4 – Кількість літій-іонних модульних секційних АКБ, необхідних для транспортних засобів різного типу.

Figure 4 – Number of lithium-ion modular sectional batteries required for different types of vehicles.

Показаний на рис.4 зовнішній вигляд АКБ є демонстраційним і може відрізнятись від реального, якй автопромисловість буде випускати. Можливі варіанти випуску і спарених, і строєних АКБ, за умов, що буде суворо дотримуватись розмірна їх конфігурація. Кількість літій-іонних батарей для кожного типу транспортного засобу вимірюється тисячами елементів, які зібрані в модулі та блоки. Легкові автомобілі та джипи мають відносно менші батарейні блоки порівняно з електробусами та вантажівками, які потребують більших батарейних блоків через більші енергетичні потреби. Вибір кількості батарейних елементів залежить від бажаної ємності, ваги транспортного засобу та його призначення.

Ємність однієї модульної секції АКБ на рівні 60 кВт·год є оптимальною з огляду на аналіз середніх ємностей батарей сучасних електромобілів, врахування конкуренції та зниження ємності з часом та під впливом зимових умов. Така модульна система дозволяє легко адаптувати кількість секцій відповідно до потреб різних транспортних засобів, забезпечуючи гнучкість та ефективність використання електротранспорту.

Питання технічної та лінійної експлуатації, оптимізації роботи міського електротранспорту, модульний принцип використання міських електробусів не є новими, і знайшли своє відображення в чисельних роботах [12-16].

Модульний принцип випуску та експлуатації АКБ відкриває нові можливості для розвитку електротранспорту. Він забезпечує гнучкість, швидкість та економічну ефективність використання батарей, дозволяючи значно скоротити час простою та підвищити екологічність перевезень. Інвестиції в інфраструктуру для швидкої заміни, діагностики та ремонту АКБ можуть суттєво покращити загальну ефективність та привабливість електротранспорту для широкого кола користувачів.

Перехід а модульний посекційний випуск акумуляторних батарей (АКБ) є важливим завданням для виробників, що дозволить значно підвищити гнучкість, ефективність та зручність використання електротранспорту. Впровадження стандартизованих секцій-модулів відкриває нові можливості для широкого застосування АКБ у різних типах транспортних засобів, від легкових автомобілів до вантажівок та електробусів.

1. **Універсальність і стандартизація**:

– Використання стандартних розмірів секцій-модулів спрощує виробництво та обслуговування АКБ. Однакова конструкція дозволяє легко інтегрувати модулі в різні транспортні засоби.

– Універсальні модулі можуть використовуватися для легкових автомобілів (один модуль), вантажівок (два-три модулі) та електробусів (три-чотири модулі).

2. **Зручність і швидкість заміни**:

– Модульна конструкція дозволяє швидко замінювати розряджені батареї на заряджені, що займає всього 10-15 хвилин. Це значно скорочує час простою та підвищує ефективність використання транспорту.

– Заміна секцій-модулів може бути здійснена на спеціалізованих станціях, забезпечуючи безперебійний рух електротранспорту.

3. **Економічність і гнучкість**:

– Стандартизовані модулі знижують витрати на виробництво та обслуговування АКБ. Масове виробництво однакових модулів є економічно вигідним.

– Водії можуть обирати кількість модулів відповідно до своїх потреб, що дозволяє оптимально використовувати ресурси та знижувати загальні витрати.

Перед виробниками стоять наступні завдання:

1. **Розробка стандартів**:

– Виробники АКБ мають спільно розробити та впровадити стандарти для секцій-модулів, включаючи розміри, підключення та інтерфейси. Це забезпечить сумісність модулів між різними марками та моделями транспорту.

2. **Впровадження інфраструктури**:

– Необхідно створити мережу спеціалізованих станцій для швидкої заміни секцій-модулів, обладнаних усім необхідним для ефективного обслуговування АКБ.

– Станції повинні бути розташовані стратегічно вздовж основних маршрутів, щоб забезпечити зручність користувачів та мінімізувати час простою.

3. **Розробка системи діагностики та ремонту**:

– Виробники повинні впровадити системи миттєвої діагностики стану батарей, що дозволяють визначити залишкову ємність та інші параметри модулів.

– Організація системи ремонту та відновлення працездатності АКБ є критично важливою для забезпечення довгострокової ефективності та економічності модульних батарей.

Перехід на модульний посекційний випуск АКБ з однаковими стандартними розмірами секцій-модулів дозволить підвищити гнучкість та ефективність використання електротранспорту, забезпечити зручність та швидкість заміни батарей, а також знизити загальні витрати на виробництво та обслуговування АКБ.

Для розрахунку економічної ефективності модульної системи акумуляторних батарей (АКБ) на міжнародному рейсі Київ-Кельн, необхідно врахувати кілька ключових аспектів: вартість електроенергії, витрати на зарядку та заміну батарей, обслуговування та зниження викидів CO2. Порівняємо ці витрати з традиційним дизельним транспортом.

Вихідні дані та припущення

1. Відстань маршруту Київ-Кельн: приблизно 1700 км.
2. Середня витрата електроенергії для електробуса: 1,2 кВт·год на км.
3. Ціна електроенергії: €0.15 за кВт·год.
4. Ємність однієї секції АКБ: 60 кВт·год.
5. Кількість секцій АКБ для електробуса: 4 секції (загальна ємність 240 кВт·год).
6. Середня відстань на одному заряді: 240 км.
7. Час заміни секцій: 15 хвилин.
8. Кількість необхідних замін на рейсі: 7 замін.
9. Середня вартість дизельного палива: €1.50 за літр.
10. Середня витрата дизельного палива: 30 літрів на 100 км.

Розрахунок витрат на електробус

Вартість електроенергії на весь маршрут:

$$\text{Загальна витрата електроенергії} = 1700\ \text{км} * 1{,}2\text{кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{км}} = 2040\text{кВт/год}$$

$$\text{Вартість елекроенергії} = \frac{2040\text{кВт}}{\text{год}} * \frac{\text{€}0{,}15}{\frac{\text{Вт}}{\text{год}}} = \text{€}306$$

Вартість заміни секцій:

Припустимо, що вартість заміни секцій становить €10 за кожну зміну, включаючи витрати на обслуговування та експлуатацію станцій заміни.

$$\text{Вартість заміни секцій} = 7 * \text{€}10 = \text{€}70$$

Загальні витрати на електробус:

$$\text{Загальні витрати} = \text{€}306 + \text{€}70 = \text{€}376$$

Вартість дизельного палива на весь маршрут:

$$\text{Загальна витрата дизельного палива} = \frac{1700\text{км}}{100} * \frac{30\text{л}}{100\text{км}} = 510\text{л}$$

$$\text{Вартість дизельного палива} = 510\text{л} * \frac{\text{€}1{,}5}{\text{л}} = \text{€}765$$

Тепер порівняємо витрати.

Економія на електробусі:

$$\text{Економія} = \text{€}765 - \text{€}376 = \text{€}389$$

Додаткові фактори:

1. **Зниження викидів CO_2**: Використання електробусів замість дизельних автобусів значно зменшує викиди парникових газів. Враховуючи, що один літр дизельного палива викидає приблизно 2.68 кг CO_2, економія складає:

$$510\text{л} * 2{,}68\text{кг}\frac{CO_2}{\text{л}} = 1366{,}8 \text{ кг } CO_2$$

2. **Вартість обслуговування**: Електробуси зазвичай мають нижчі витрати на обслуговування порівняно з дизельними автобусами через меншу кількість рухомих частин і меншу зношуваність.

3. **Інфраструктурні витрати**: Впровадження станцій для швидкої заміни модульних секцій потребує початкових інвестицій, однак у довгостроковій перспективі ці витрати можуть бути компенсовані завдяки зниженню експлуатаційних витрат.

Для цього прикладу ми навмисно нівелюємо вартістями дизельного міжнародного автобусу і електробусу. Ми вважаємо, що майбутня вартість електробусу незабаром швидко зрівняється з вартістю автобусу з ДВЗ. Тенденція зменшення ціни електроавтомобілів в світі наразі це підтверджує. Діюче виробництво електробусів обов'язково буде мати тренд спочатку порівняння цін, а згодом і відносного зменшення ціни електробусу у порівнянні з ціною автобусу з ДВЗ. Не враховуємо ми також і вартість експлуатаційних матеріалів (мастила, антифризи, гальмівні та трансмісійні рідини, т.і.), ТО, які для авто з ДВЗ завідомо більші. Не враховується в повному обсязі також вартісна оцінка основної переваги електромобілів – екологічний ефект. Електробуси не мають шкідливих викидів, на відміну від авто з ДВЗ.

Перехід на модульну систему АКБ для міжнародного рейсу Київ-Кельн є економічно вигідним. Загальні витрати на електробус (€376) значно нижчі порівняно з витратами на дизельний автобус (€765), що дозволяє зекономити €389 за один рейс. Окрім економії коштів, використання електробусів знижує викиди CO2 на 1366.8 кг за один рейс, що сприяє покращенню екологічної ситуації. Впровадження модульної системи потребує інвестицій у розробку інфраструктури, але довгострокові вигоди значно перевищують ці витрати.

Висновок:

Перехід на використання електробусів із модульною секційною системою акумуляторних батарей (АКБ) для міжнародних маршрутів, таких як Київ-Кельн, демонструє значні економічні та екологічні переваги. Розрахунки показують, що електробус є економічно вигіднішим порівняно з дизельним автобусом. Загальні витрати на електробус складають €376, тоді як витрати на дизельний автобус досягають €765. Це дозволяє зекономити €389 за один рейс.

Важливо зазначити, що електробуси суттєво зменшують викиди парникових газів. Один рейс електробуса знижує викиди CO2 на 1366.8 кг, що сприяє покращенню екологічної ситуації. Використання електробусів зменшує залежність від викопних видів палива, знижуючи вуглецевий слід транспортного сектору.

Модульна секційна система застосування АКБ є універсальною і гнучкою. Використання стандартизованих секцій-модулів забезпечує швидку заміну батарей на всіх типах електромобілів, що займає лише 10-15 хвилин, аналогічно до часу заправки дизельним паливом. Це значно підвищує ефективність та зручність експлуатації електробусів та інших типів електроавто. Впровадження мережі станцій для швидкої заміни батарей уздовж основних маршрутів забезпечить безперебійний рух транспорту, мінімізуючи час простою.

Використання електробусів на міжнародних маршрутах є вигідним як з економічної, так і з екологічної точки зору. З розвитком технологій та збільшенням виробництва, вартість АКБ буде знижуватися, а їх ефективність та ємність зростатимуть. Це дозволить збільшити пробіг на одному заряді та зменшити витрати на електроенергію.

Інвестиції у створення інфраструктури для швидкої заміни модульних батарей потребують початкових капіталовкладень, але довгострокові вигоди від їх впровадження значно перевищують ці витрати. Система миттєвої діагностики та ремонту АКБ забезпечить їхню надійність та тривалий термін експлуатації, знижуючи загальні витрати на обслуговування.

Враховуючи всі наведені факти, перехід на електробуси з модульною секційною системою АКБ для міжнародних маршрутів є перспективним напрямком розвитку транспортного сектору. Це сприятиме зниженню експлуатаційних витрат, покращенню екологічної ситуації та підвищенню ефективності використання транспорту. У майбутньому електробуси можуть стати основним видом транспорту на міжнародних маршрутах, забезпечуючи стійкий розвиток та комфорт для пасажирів.

Перелік посилань

1. Вплив міжнародного ринку електромобілів на розвиток інфраструктури доріг. URL: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/193094-Текст%20статті-430233-1-10-20200127.pdf
2. Переваги та недоліки електромобілів. URL: https://carbazar.lviv.ua/perevagi-ta-nedoliki-elektromobiliv/
3. Використання електробусів на автотранспортних підприємствах. URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/445/424
4. Розвиток інфраструктури для електромобілів. URL: https://eu4business.org.ua/success-stories/developing-the-infrastructure-for-electric-cars
5. InsideEVs: Tesla Model 3 Specs & Range. URL: https://insideevs.com/news/724629/tesla-model-3-range/
6. Car and Driver: Nissan Leaf Review. URL: https://www.caranddriver.com/nissan/leaf
7. MotorTrend: Chevrolet Bolt EV Review. URL: https://www.motortrend.com/cars/chevrolet/bolt-ev/
8. Edmunds: Hyundai Kona Electric. URL: https://www.edmunds.com/hyundai/kona-electric/
9. Autocar: BMW i3 Review. URL: https://www.autocar.co.uk/car-review/bmw/i3-s-2017-2022
10. Top Gear: Audi e-tron Review. URL: https://www.topgear.com/car-reviews/q8-e-tron
11. Auto Express: Volkswagen ID.3. URL: https://www.autoexpress.co.uk/volkswagen/id3
12. Порфіренко В.І., Кудін Є.Р. Проблеми масового переходу на електрифікацію автотранспорту та шляхи їх вирішення. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2023. – Вип. 1 (55). С.229-239. https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2023-1-55-229-239.
13. Porfirenko V. Ways of Optimizing the Environmental and Operational Mobility of Passenger Transportation in Megacities / Volodymyr Porfirenko, Dmytro Dekhtiarenko, Liliia Lytvyshko, Mykola Hrebelnyk, Valentyna Artemchuk, Oleksii Parokhnenko// Book Title: Digitalisation: Opportunities and Challenges for Business. Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 2. Publisher Springer Cham. Scopus issue. March 2023. P. 720-732. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-26956-1
14. Порфіренко В.І., Кудін Є.Р. Заходи мінімізації забруднення довкілля при експлуатації автотранспорту. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-

технічний збірник. К.: НТУ, 2022. Вип. 3 (53). С.301-311. https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-3-53-301-311.

15.Порфіренко В.І. Інноваційний модульний розвиток мережі електробусних пасажирських перевезень в мегаполісах : « Інноваційний розвиток транспортного комплексу: монографія / За загал. редакцією проф. Ложачевської О.М. Київ: Міленіум, 2021. С. 130-140.

16.Порфіренко В.І., Дехтяренко Д.П., Гребельник М.М., Хобта М.О. Транспорт мегаполісів: сучасний стан, проблеми, реінжиніринг та екологічне вдосконалення. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». Науково-технічний збірник. К. : НТУ, 2022. Вип. 2 (52). С.224-233. https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-2-52-224-233.

INTERNATIONAL TRANSPORTATION BY ELECTRIC VEHICLES: ADVANTAGES OF USING THE MODULAR PRINCIPLE OF SECTIONAL RELEASE AND BATTERY REPLACEMENT

Porfirenko Volodymyr I., Ph.D., associate professor, National transport university, associate professor department of management, e-mail: porfirenko@gmail.com, tel. +380 67 503 44 33, Ukraine, 01010, Kyiv, Mykhayla Omelyanovycha-Pavlenka str., 1, of. 242.

Kudin Yevheniia R., master, National transport university, e-mail: zheniya2003@gmail.com, tel. +380951229408, Ukraine, 01010, Kyiv, Mykhayla Omelyanovycha-Pavlenka str., 1, of. 242.

Abstract. The article is devoted to the study of the development of the production and operation of electric buses in international transportation. The latest electric buses with modern equipment play a special role. The use of electric buses in international transportation is gaining popularity due to their numerous advantages. This new form of transport opens up new opportunities for reducing the impact on the environment and improving air quality. At the same time, there are certain challenges that require attention when switching to electric buses on international routes.

The object of the research is the development of electric buses for international transportation.

The purpose of the work is to study the impact of electric buses on the environment and the effectiveness of their use in international transportation.

Research methods - statistical and comparative methods.

An analysis of the transition to electric buses in Ukraine was carried out. A comparative analysis of the main advantages and disadvantages of electric buses was carried out. An analysis of the ways of development of electric buses in the world was carried out. Based on the analyzed data, ways of popularization and development of electric buses in Ukraine were proposed.

Key words: electric buses, electric car, innovative modular method of battery release and replacement, unification, international transportation, accumulatory batteries, efficiency of electric transportation, disposal, energy.

References

1. The impact of the international market of electric vehicles on the development of road infrastructure. URL: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/193094-Text%20article-430233-1-10-20200127.pdf

2. Advantages and disadvantages of electric cars. URL: https://carbazar.lviv.ua/perevagi-ta-nedoliki-elektromobiliv/

3. Use of electric buses at motor transport enterprises. URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/445/424

4. Development of infrastructure for electric vehicles. URL: https://eu4business.org.ua/success-stories/developing-the-infrastructure-for-electric-cars

5. InsideEVs: Tesla Model 3 Specs & Range. URL: https://insideevs.com/news/724629/tesla-model-3-range/

6. Car and Driver: Nissan Leaf Review. URL: https://www.caranddriver.com/nissan/leaf

7. MotorTrend: Chevrolet Bolt EV Review. URL: https://www.motortrend.com/cars/chevrolet/bolt-ev/

8. Edmunds: Hyundai Kona Electric. URL: https://www.edmunds.com/hyundai/kona-electric/

9. Autocar: BMW i3 Review. URL: https://www.autocar.co.uk/car-review/bmw/i3-s-2017-2022

10. Top Gear: Audi e-tron Review. URL: https://www.topgear.com/car-reviews/q8-e-tron

11. Auto Express: Volkswagen ID.3. URL: https://www.autoexpress.co.uk/volkswagen/id3

12. Porfirenko V.I., Kudin E.R. Problems of the mass transition to the electrification of motor vehicles and ways to solve them. Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences". Scientific and technical collection. - K.: NTU, 2023. - Issue 1 (55). P.229-239. https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2023-1-55-229-239.

13. Porfirenko V. Ways of Optimizing the Environmental and Operational Mobility of Passenger Transportation in Megacities / Volodymyr Porfirenko, Dmytro Dekhtiarenko, Liliia Lytvyshko, Mykola Hrebelnyk, Valentyna Artemchuk, Oleksii Parokhnenko// Book Title : Digitalisation: Opportunities and Challenges for Business. Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 2. Publisher Springer Cham. Scopus issue. March 2023. P. 720-732. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-26956-1

14. Porfirenko V.I., Kudin E.R. Measures to minimize environmental pollution during the operation of motor vehicles. Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences". Scientific and technical collection. K.: NTU, 2022. Vol. 3 (53). P. 301-311. https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-3-53-301-311.

15. Porfirenko V.I. Innovative modular development of the network of electric bus passenger transportation in megacities: "Innovative development of the transport complex: monograph / In general. edited by Prof. Lozhachevska O.M. Kyiv: Millennium, 2021. P. 130-140.

16. Porfirenko V.I., Dekhtyarenko D.P., Grebelnyk M.M., Khobta M.O. Transportation of megacities: current state, problems, reengineering and ecological improvement. Bulletin of the National Transport University. Series "Economic Sciences". Scientific and technical collection. K.: NTU, 2022. Vol. 2 (52). P.224-233. https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-2-52-224-233.

УДК 338.24.021.8:004 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-314-321**
UDK 338.24.021.8:004

ДИДЖИТАЛІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІЗНЕСУ

DIGITALIZATION AS A TOOL FOR IMPROVING BUSINESS EFFICIENCY



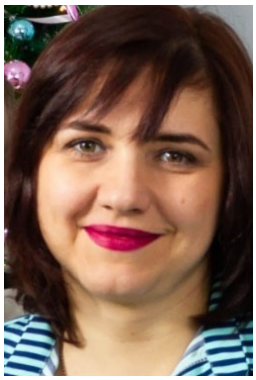
Хобта Михайло Олексійович, *кандидат економічних наук, доцент кафедри «Менеджмент». Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: m.khobta@ntu.edu.ua, тел. +380442808438*

https://orcid.org/0000-0002-6505-9092



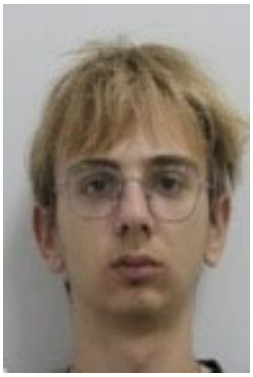
Сукманюк Вікторія Михайлівна, *асистент кафедри «Менеджмент». Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: v.sukmaniuk@ntu.edu.ua, тел. +380442808438*

https://orcid.org/0000-0003-4202-8960



Малахова Юлія Анатоліївна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: yu.malakhova@ntu.edu.ua, тел.+380442808438*

https://orcid.org/0000-0002-8769-7597



Вірченко Андрій Олегович*, здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 073 «Менеджмент» кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: virchenkoandrey2@gmail.com тел. +380442808438*

https://orcid.org/0009-0005-4481-1600

Анотація. Стаття присвячена комплексному аналізу впливу цифровізації на ефективність малого бізнесу в Україні, який є важливою складовою економіки країни. У роботі визначено основні виклики, такі як низький рівень цифрової грамотності підприємців, обмежені фінансові ресурси, недостатній доступ до сучасних технологій у регіонах та зростаючі ризики кіберзлочинності. Водночас підкреслено значні переваги, які надають цифрові технології, зокрема оптимізація витрат, автоматизація процесів, покращення клієнтського сервісу та можливість виходу на нові ринки.

У статті аналізуються приклади успішного використання цифрових рішень українськими компаніями. Зокрема, кейс «Нова Пошта» ілюструє, як автоматизація логістичних процесів та інтеграція мобільного додатку дозволили скоротити час обробки замовлень, покращити якість послуг і підвищити лояльність клієнтів. Інший приклад — впровадження безконтактної доставки під час пандемії COVID-19, що стало ключовим елементом адаптації до нових реалій. Також розглядається роль платформ електронної комерції та соціальних мереж, які відкривають малому бізнесу доступ до міжнародних ринків і розширюють базу клієнтів.

Окрему увагу приділено значенню державних ініціатив у підтримці малого бізнесу через цифрові сервіси, програми навчання та грантову допомогу для стимулювання впровадження технологій. Автори наголошують, що впровадження CRM-систем, хмарних сервісів і аналітичних інструментів дозволяє підприємствам не лише підвищити продуктивність, але й ефективно управляти ресурсами та розвивати довгострокові відносини з клієнтами.

Запропоновано рекомендації для малого бізнесу щодо інтеграції цифрових рішень у повсякденну діяльність, враховуючи потребу в навчанні персоналу, розробці стратегій кіберзахисту та оптимізації витрат. У статті підкреслюється, що цифровізація є не лише інструментом адаптації до сучасних викликів, але й потужним двигуном зростання та інноваційності.

Ключові слова: диджиталізація, малий бізнес, цифрові технології, бізнес – процеси, автоматизація, конкурентоспроможність, економічна стійкість, статистичний аналіз.

Вступ. Сучасний світ переживає стрімку цифрову трансформацію, яка впливає на всі сфери суспільного життя та економічної діяльності. Диджиталізація стала важливим інструментом розвитку, особливо для малого бізнесу, який є ключовим елементом економіки багатьох країн, включаючи Україну. У сучасних умовах глобалізації, посилення конкуренції, економічної нестабільності та кризових явищ, таких як пандемія COVID-19, цифрові технології відкривають нові можливості для підвищення ефективності підприємств, адаптації до змін ринкового середовища та забезпечення довгострокової стійкості бізнесу.

Малий бізнес в Україні стикається з низкою викликів, серед яких обмежені фінансові ресурси, недостатній рівень цифрової грамотності, залежність від зовнішнього середовища, а також складнощі доступу до сучасних технологій у регіонах. Попри це, цифрові технології надають малим підприємствам унікальні можливості для оптимізації бізнес-процесів, покращення взаємодії з клієнтами, зниження витрат і розширення ринків збуту. Інтеграція таких інструментів, як CRM-системи, автоматизація процесів, електронна комерція та аналітичні платформи, дозволяє малому бізнесу не лише залишатися конкурентоспроможним, але й активно розвиватися навіть у складних економічних умовах.

Тема дослідження є особливо актуальною, оскільки вона зосереджена на практичних аспектах впровадження цифрових рішень в умовах українського ринку. У багатьох наукових працях, зокрема роботах українських і зарубіжних дослідників, підкреслюється потенціал цифровізації для підвищення продуктивності та конкурентоспроможності. Проте особливості її реалізації в малому бізнесі України, який має свої специфічні виклики та обмеження, потребують подальшого дослідження.

Мета статті. Метою статті є комплексний аналіз впливу диджиталізації на ефективність малого бізнесу в Україні, а також формування практичних рекомендацій для підприємців щодо інтеграції цифрових технологій у повсякденну діяльність. Основними завданнями дослідження є:

Дослідити основні напрямки диджиталізації малого бізнесу.

1. Визначити переваги та виклики впровадження цифрових технологій.
2. Розглянути успішні приклади використання диджиталізації в українському бізнес-середовищі.
3. Сформувати практичні рекомендації для підприємців.

Аналіз досліджень. Цифровізація охоплює широкий спектр процесів, які суттєво змінюють функціонування малого бізнесу. Це автоматизація рутинних операцій, впровадження CRM-систем для управління відносинами з клієнтами, використання хмарних рішень для зберігання даних та розробка ефективних цифрових маркетингових стратегій. Ці інструменти є ключовими для підвищення ефективності малого бізнесу, особливо в умовах економічної нестабільності. [1,2,8]

«Нова Пошта» розпочала трансформацію з автоматизації ключових логістичних процесів. До впровадження автоматизованих сортувальних ліній сортування посилок виконувалося вручну, що призводило до втрати часу та високої ймовірності помилок. Нові технології дозволили збільшити продуктивність до 20 тисяч посилок за годину, що суттєво знизило операційні витрати та прискорило доставку. [3]

Наступним важливим кроком стало впровадження мобільного додатку, що надав клієнтам можливість самостійно оформлювати відправлення, відстежувати посилки та оплачувати послуги. Завдяки цьому компанія суттєво покращила клієнтський сервіс. За статистикою, кількість завантажень додатку «Нової Пошти» перевищила 10 мільйонів, а середній рейтинг становить понад 4.5 зірок. [5]

Під час пандемії COVID-19 компанія швидко адаптувалася до нових реалій. Запровадження безконтактної доставки дозволило забезпечити безпеку клієнтів і працівників. Цей крок став ключовим для збереження клієнтської лояльності та збільшення обсягу замовлень на 25% у період жорстких карантинних обмежень. [4] Згідно з джерелами [9] та [10], компанія також реалізувала стратегії розвитку логістичної інфраструктури, включаючи відкриття нових пунктів видачі, інтеграцію систем онлайн-відстеження та розширення послуг для міжнародних клієнтів. Це забезпечило додаткову підтримку зростання та утримання конкурентоспроможності.

Цифрові технології допомогли компанії розширити свою присутність на міжнародному ринку. Інтеграція з логістичними партнерами дозволила клієнтам відправляти та отримувати посилки з-за кордону. Це дало змогу компанії диверсифікувати доходи та підвищити конкурентоспроможність. [6]

Завдяки цифровізації «Нова Пошта» досягла таких результатів:

- Зниження часу обробки замовлення на 35%.[3]
- Зростання задоволеності клієнтів на 40%.[5]
- Збільшення кількості оброблених замовлень на 50% за три роки. [5]

Цей успіх відображає загальні переваги цифровізації, які включають покращення клієнтського сервісу (35%), зниження витрат (40%), розширення ринків (25%) і підвищення гнучкості (20%).[7]

Однак процес цифровізації має і значні виклики. Одним із них є недостатній рівень цифрової грамотності, який залишається головним бар'єром для багатьох підприємств. Наприклад, згідно з джерелом [11], близько 30% підприємств вказали на недостатню технічну підготовку персоналу як основну перешкоду впровадження цифрових рішень. Цей аспект вимагає створення освітніх програм і стимулів для підвищення кваліфікації. Згідно з дослідженнями, низький рівень цифрових навичок є причиною зниження ефективності впроваджених рішень на 30%.[2] Ще одна проблема — фінансові обмеження: висока вартість впровадження технологій часто змушує підприємства шукати компроміси між якістю та доступністю рішень. [8]

Малий бізнес є критично важливим сектором для економіки України, адже він забезпечує зайнятість для значної кількості населення та є джерелом інновацій. [1] Проте саме ця категорія підприємств стикається з найбільшими викликами, такими як обмеженість ресурсів і нестача експертних знань для впровадження цифрових рішень. Тому для малих підприємств особливо важливо адаптувати інструменти цифровізації до своїх масштабів і фінансових можливостей. Успіх таких ініціатив залежить не лише від зусиль підприємців, але й від підтримки з боку держави та доступності навчальних програм для підвищення цифрової грамотності. [1,2]

Для наочного розуміння переваг і викликів цифровізації у контексті України було створено таблицю з розподілом позитивного та негативного впливу цифровізації (Таблиця 1).

Таблиця 1 **–** Вплив цифровізації на малий бізнес в Україні

Table 1 **–** Impact of digitalization on small business in Ukraine

Аспект	Позитивний вплив (%)	Негативний вплив (%)
Зниження витрат	40	10
Покращення клієнтського сервісу	35	8
Розширення ринків	25	5
Гнучкість	20	7
Недостатня цифрова грамотність	—	30
Фінансові обмеження	—	25
Ризики кіберзлочинності	—	15

Таблиця 1 демонструє багатогранність впливу цифровізації на малий бізнес в Україні. З позитивного боку, найбільший ефект спостерігається у зниженні витрат (40%) та покращенні клієнтського сервісу (35%), що свідчить про можливість підвищення ефективності завдяки цифровим технологіям. Водночас цифровізація сприяє розширенню ринків (25%) та забезпечує гнучкість (20%), особливо важливу в умовах криз.

Проте виклики також значні: низький рівень цифрової грамотності (30%) залишається головним бар'єром, тоді як фінансові обмеження (25%) та ризики кіберзлочинності (15%) створюють додаткові перешкоди для малого бізнесу. Таблиця підкреслює потребу в державній підтримці та навчальних програмах, щоб забезпечити доступність і безпечність цифрових інструментів для підприємців.

Також для візуалізації даних побудовано графік (Рисунок 1), який дозволяє оцінити ступінь впливу за ключовими аспектами.

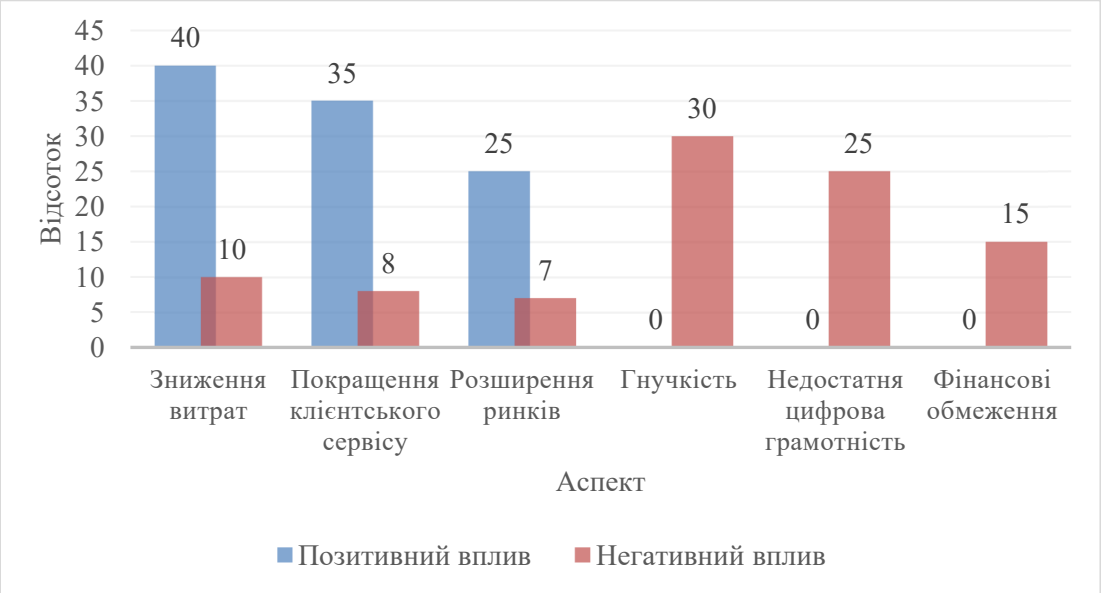


Рисунок 1 – Відсотковий розподіл впливу цифровізації на малий бізнес

Графік демонструє, що цифровізація має суттєвий позитивний вплив на малий бізнес, особливо у зниженні витрат (40%), покращенні клієнтського сервісу (35%), розширенні ринків (25%) і підвищенні гнучкості (20%). Однак існують і значні виклики, такі як недостатня цифрова грамотність (30%), фінансові обмеження (25%) та ризики кіберзлочинності (15%). Це підкреслює важливість розробки стратегій для мінімізації негативного впливу та максимального використання переваг цифровізації.

Figure 1 – Percentage distribution of the impact of digitalization on small business

The chart illustrates that digitalization has a significant positive impact on small businesses, particularly in cost reduction (40%), improved customer service (35%), market expansion (25%), and enhanced flexibility (20%). However, there are considerable challenges, such as low digital literacy (30%), financial constraints (25%), and cybersecurity risks (15%). This emphasizes the need for strategies to mitigate negative impacts and fully leverage the benefits of digitalization.

Зважаючи на виклики цифровізації, підприємцям малого бізнесу варто зосередитися на кількох ключових аспектах. По-перше, слід інвестувати у навчання персоналу, зокрема підвищення цифрової грамотності, для ефективного використання сучасних технологій. По-друге, важливо оцінювати доступні фінансові інструменти, такі як грантові програми чи державна підтримка, для впровадження цифрових рішень. Третій крок полягає у впровадженні базових цифрових інструментів, таких як CRM-системи та хмарні сервіси, які сприяють оптимізації внутрішніх процесів та покращенню управління ресурсами. Особливу увагу слід приділити кібербезпеці, розробляючи стратегії захисту даних. Нарешті, використання платформ електронної комерції та соціальних мереж дозволить розширити клієнтську базу та вийти на нові ринки, забезпечуючи стійкість і конкурентоспроможність бізнесу.

Висновок. Діджиталізація виступає стратегічним інструментом для підвищення ефективності малого бізнесу, особливо в умовах економічної нестабільності та посилення глобальної конкуренції. Як підтверджують дані дослідження, цифрові технології мають значний позитивний вплив на всі аспекти діяльності підприємств.

Найбільш суттєві зміни спостерігаються у зниженні витрат, яке досягає 40% завдяки автоматизації рутинних процесів і оптимізації логістики. Цей показник особливо важливий для малого бізнесу, де кожна гривня витрат може суттєво впливати на прибутковість. Одним із прикладів є «Нова Пошта», яка завдяки автоматизованим сортувальним лініям збільшила продуктивність обробки до 20 тисяч посилок на годину.

Крім того, цифровізація сприяє покращенню клієнтського сервісу, підвищуючи рівень задоволеності клієнтів на 35%. Це стало можливим завдяки впровадженню мобільних додатків, які забезпечують швидкий доступ до послуг, а також інтеграції чат-ботів і аналітичних платформ для персоналізації обслуговування. Зокрема, мобільний додаток «Нової Пошти» має понад 10 мільйонів завантажень, що свідчить про його популярність серед споживачів.

Ще одним важливим досягненням цифровізації є розширення ринків, що дозволяє підприємствам збільшити свою клієнтську базу на 25%. Використання платформ електронної комерції та соціальних мереж забезпечує доступ до нових сегментів як на локальному, так і на міжнародному рівнях. «Нова Пошта» успішно інтегрувалася з міжнародними логістичними партнерами, що значно посилило її позиції на глобальному ринку.

Гнучкість бізнесу, яка завдяки цифровим рішенням покращується на 20%, дозволяє малим підприємствам швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі. Це стало особливо актуальним у період пандемії COVID-19, коли компанії, що впровадили безконтактні технології доставки, змогли утримати високий рівень лояльності клієнтів.

Водночас цифровізація супроводжується низкою викликів. Недостатній рівень цифрової грамотності, який складає 30% негативного впливу, залишається головним бар'єром на шляху до трансформації. Це вимагає активної участі держави у створенні освітніх програм та стимулюванні бізнесу до інвестування у навчання персоналу. Фінансові обмеження, що становлять 25% негативного впливу, потребують додаткових грантових програм і кредитних інструментів для підтримки малих підприємств.

Ризики кіберзлочинності, які складають 15% викликів цифровізації, вимагають впровадження сучасних стратегій кібербезпеки. Використання хмарних рішень та аналітичних платформ для моніторингу й захисту даних стає критично важливим у цифрову епоху.

Підсумовуючи, діджиталізація є не лише відповіддю на сучасні виклики, але й потужним інструментом розвитку малого бізнесу. Дані дослідження підтверджують, що цифровізація дозволяє підприємствам знижувати витрати, покращувати клієнтський сервіс, розширювати ринки збуту та підвищувати гнучкість, мінімізуючи вплив негативних факторів.

Для максимального використання переваг цифровізації малому бізнесу слід інвестувати у сучасні технології, навчання персоналу та розвиток стратегій кіберзахисту. Успішна інтеграція цифрових рішень відкриває доступ до нових ринків і сприяє довгостроковій стійкості бізнесу. Цифровізація не лише забезпечує адаптацію до змін, але й створює платформу для інновацій, зростання та глобальної інтеграції малого бізнесу України.

Перелік посилань

1. Офіційний звіт Національного інституту стратегічних досліджень, що аналізує вплив цифровізації на ефективність бізнесу та економічну стійкість в умовах війни. https://niss.gov.ua

2. Міністерство цифрової трансформації підсумувало основні досягнення в цифровізації регіонів, включаючи впровадження нових технологій та інституційної спроможності. https://thedigital.gov.ua

3. Докладний аналіз автоматизації логістичних процесів, включаючи використання інноваційних технологій для сортування посилок і вдосконалення обслуговування. https://novaposhta.ua/news/rubric/2/id/11565

4. Підсумки впровадження нових технологій, таких як пристрої Bluetooth для відстеження тари, і стратегія цифровізації компанії. https://speka.media

5. Огляд рекордного зростання компанії, яка доставила понад 400 млн відправлень, збільшила виторг на 63% і розширила мережу відділень на 20%.https://itc.ua

6. Підвищення прибутковості компанії на основі впровадження цифрових рішень і експансії на нові ринки. https://forbes.ua

7. Блог, присвячений впливу цифровізації на логістичну галузь, включаючи автоматизацію і оптимізацію постачання. https://dev.ua

8. Англомовний звіт про фінансові та операційні успіхи компанії, а також перспективи її експансії в Європу. https://english.nv.ua

9. Як компанія планує масштабувати бізнес у країнах ЄС, інвестуючи в нові логістичні центри та автоматизацію. https://forbes.ua

10.Плани «Нової Пошти» щодо розвитку мережі та інноваційних послуг. https://vctr.media/ua/

11.Стратегія інноваційного розвитку компанії, включаючи нові послуги та технології. https://forbes.ua

12.Ключові операційні та фінансові досягнення, що демонструють успіх цифровізації. https://novapost.com

DIGITALIZATION AS A TOOL FOR IMPROVING BUSINESS EFFICIENCY

Khobta Mykhailo O., Ph.D. Economics, Associate Professor of Department of Management, National Transport University, e-mail: m.khobta@ntu.edu.ua, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. *https://orcid.org/0000-0002-6505-9092*

Sukmaniuk Victoria M., Assistant of Department of Management, National Transport University, e-mail: v.sukmaniuk@ntu.edu.ua, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0000-0003-4202-8960

Malakhova Yulia A., Ph.D. Economics, associate professor department of management, National Transport University, e-mail: yu.malakhova@ntu.edu.ua, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0000-0002-8769-7597

Virchenko Andriy O., Graduate of the first (bachelor) level of higher education, specialty 073 «Management» of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, e-mail: *virchenkoandrey2@gmail.com* Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0009-0005-4481-1600

Summary. The article is devoted to a comprehensive analysis of the impact of digitalization on the efficiency of small businesses in Ukraine, which is a crucial component of the country's economy. The study identifies key challenges, such as low digital literacy among entrepreneurs, limited financial resources, insufficient access to modern technologies in regions, and increasing cybersecurity risks. At the same time, it highlights significant advantages offered by digital technologies, including cost optimization, process automation, improved customer service, and opportunities to enter new markets.

The article analyzes examples of successful implementation of digital solutions by Ukrainian companies. In particular, the case of «Nova Poshta» demonstrates how automating logistics processes and

integrating a mobile application helped reduce order processing time, improve service quality, and increase customer loyalty. Another example is the introduction of contactless delivery during the COVID-19 pandemic, which became a key element in adapting to new realities. The study also explores the role of e-commerce platforms and social networks, which provide small businesses with access to international markets and expand their customer base.

Special attention is paid to the importance of government initiatives in supporting small businesses through digital services, training programs, and grant assistance to encourage technology adoption. The authors emphasize that the implementation of CRM systems, cloud services, and analytical tools allows businesses not only to increase productivity but also to manage resources efficiently and develop long-term customer relationships.

Recommendations are proposed for small businesses on integrating digital solutions into daily operations, considering the need for staff training, developing cybersecurity strategies, and optimizing costs. The article emphasizes that digitalization is not only a tool for adapting to modern challenges but also a powerful driver of growth and innovation.

Keywords: digitalization, small business, digital technologies, business processes, automation, competitiveness, economic resilience, statistical analysis.

References

1. Official report of the National Institute for Strategic Studies, analyzing the impact of digitalization on business efficiency and economic resilience during wartime. https://niss.gov.ua
2. Ministry of Digital Transformation, summarizing key achievements in regional digitalization, including the introduction of new technologies and institutional capacity building. https://thedigital.gov.ua
3. Detailed analysis of logistics process automation, including the use of innovative technologies for parcel sorting and service improvement. https://novaposhta.ua/news/rubric/2/id/11565
4. Outcomes of new technologies implementation, such as Bluetooth devices for cargo tracking, and the company's digitalization strategy. https://speka.media
5. Overview of record growth, showing the company delivered over 400 million shipments, increased revenue by 63%, and expanded its branch network by 20%. https://itc.ua
6. Increased profitability based on the introduction of digital solutions and expansion into new markets. https://forbes.ua
7. Blog dedicated to the impact of digitalization on the logistics sector, including automation and supply chain optimization. https://dev.ua
8. English-language report on the financial and operational successes of the company, along with its expansion prospects in Europe. https://english.nv.ua
9. Plans for scaling business in EU countries, investing in new logistics centers and automation. https://forbes.ua
10. Plans of Nova Poshta to develop its network and innovative services. https://vctr.media/ua/
11. Innovation development strategy, including new services and technologies. https://forbes.ua
12. Key operational and financial achievements, demonstrating the success of digitalization. https://novapost.com

УДК 656.1:658.8 **DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-322-330**
УДК 656.1:658.8

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ПОЗИЦІОНУВАННЯ БРЕНДУ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

DEVELOPMENT OF TRANSPORT COMPANY BRAND POSITIONING STRATEGY



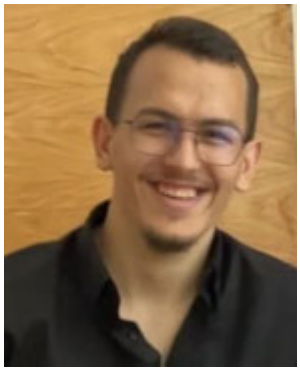
Малахова Юлія Анатоліївна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: yu.malakhova@ntu.edu.ua, тел.+380442808438,*

https://orcid.org/0000-0002-8769-7597



Литвишко Лілія Олександрівна*, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: l.lytvyshko@ntu.edu.ua, тел.+380442808438,*

https://orcid.org/0000-0001-9315-046X



Годований Ростіслав Сергійович, *магістрант спеціальності 073 «Менеджмент», Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: godovaniy.rostik@gmail.com, тел. +380442808438*

https://orcid.org/0000- 0004-3162-0584

Анотація: На сучасному ринку транспортних послуг існує високий рівень конкуренції, і підприємства мають постійно вдосконалювати свої стратегії, щоб залучати нових клієнтів та утримувати існуючих. Успішне позиціонування бренду дозволяє компаніям не лише виділитися серед

конкурентів, але й створити стійкий позитивний імідж, що є критично важливим для досягнення довготривалого успіху.

У роботі підкреслюється значення правильної сегментації ринку, індивідуального підходу до клієнтів і використання інноваційних технологій, що є важливими тенденціями в сучасному бізнес-середовищі.

Авторами розглядаються основні етапи розробки стратегії позиціонування бренду транспортного підприємства на конкурентному ринку. Визначено, що ефективна стратегія позиціонування є ключовою для залучення клієнтів і зміцнення конкурентоспроможності підприємства. Описано послідовні етапи цього процесу, включаючи аналіз ринку, визначення цільової аудиторії, формування унікальної торгової пропозиції (UTP) та розробку комунікаційної стратегії. Наголошено на важливості сегментації аудиторії та індивідуалізації підходів до кожного сегменту, а також на ролі моніторингу та корекції стратегії для досягнення максимальних результатів. Розглянуто ключові показники ефективності брендових заходів, що допомагають визначити ефективність маркетингових кампаній та каналів комунікації.

У статті визначено сучасні підходи до розробки стратегії позиціонування бренду транспортного підприємства на конкурентному ринку. Використано методи аналізу ринку, сегментації клієнтів та формування унікальної торгової пропозиції. Практична значущість роботи полягає у можливості підприємства підвищити свою конкурентоспроможність, збільшити частку ринку та покращити впізнаваність бренду через застосування запропонованої стратегії. У результаті, підприємство зможе ефективніше комунікувати з цільовою аудиторією, що сприятиме зростанню лояльності клієнтів і покращенню бізнес-показників. У статті наголошено на важливості постійного моніторингу результатів та корекції стратегії для забезпечення довготривалого успіху.

Ключові слова: бренд, транспортне підприємство, стратегія позиціонування, унікальна торгова пропозиція, сегментування, цільова аудиторія, маркетинг, конкурентоспроможність, ключові показники ефективності.

Вступ. Сучасний світ, що стрімко розвивається, характеризується динамічними змінами в усіх сферах життя, зокрема в транспортних послугах та бренд-менеджменті. Бренд стає однією з найважливіших складових успіху будь-якого підприємства, оскільки він не лише відображає ідентичність компанії, але й впливає на сприйняття її клієнтами та партнерами. У контексті транспортних підприємств, бренд відіграє ключову роль у формуванні довіри та лояльності клієнтів.

Даній тематиці присвячена значна кількість наукових доробок таких вчених як: Д. Ейкер, Ф. Котлер, К. Келлер, Д. Роулз, С. Іляшенко, Н. Юдіна, С. Смеричевський, Є. Роман, О. Косенко, А. Танасійчук, С. Сіренко та інших. В даних роботах значну увагу приділено як особливостям розвитку та використання бренд-менеджменту в діяльності підприємства, так і питанням пов’язаним з формуванням стратегії розвитку бренду. Проте, досі недостатньо досліджено особливості розробки стратегії позиціонування бренду на ринку транспортних послуг.

Транспортна галузь стикається зі зростаючою конкуренцією та потребою в постійному вдосконаленні якості послуг. У таких умовах формування сильного бренду стає критично важливим для забезпечення стійкого розвитку компанії. Тема брендингу для транспортних підприємств є особливо актуальною, оскільки вона включає не лише створення впізнаваного та привабливого образу, але й забезпечення високих стандартів обслуговування та надійності.

Матеріали та методи. Методологічною основою виступають такі традиційні загальнонаукові методи: системного, логічного підходів, індукції та дедукції, систематизації і класифікації, групування,

описовий та порівняльний методи, метод синтезу та аналізу, табличний метод. Також використано такі спеціальні методи як аналізу ринку, сегментація клієнтів та формування унікальної торгової пропозиції.

Метою роботи є розробка ефективної стратегії позиціонування бренду транспортного підприємства, для забезпечення конкурентних переваг на ринку, підвищення впізнаваності бренду і залучення нових клієнтів.

Виклад основного матеріалу. Розробка стратегії позиціонування бренду на ринку для підприємства є критично важливою для забезпечення його конкурентоспроможності та залучення нових клієнтів. Стратегія позиціонування дозволяє компанії чітко визначити своє місце на ринку, донести унікальність своїх пропозицій до цільової аудиторії та створити стійкий позитивний імідж бренду. В умовах високої конкуренції на ринку транспортних послуг, підприємству необхідно розробити ефективну стратегію позиціонування бренду. Це дозволить виділитися серед конкурентів, чітко визначити свою цільову аудиторію та запропонувати клієнтам унікальну цінність, що відповідає їхнім потребам і очікуванням.

Стратегія позиціонування бренду реалізується через наступні етапи (рис. 1).

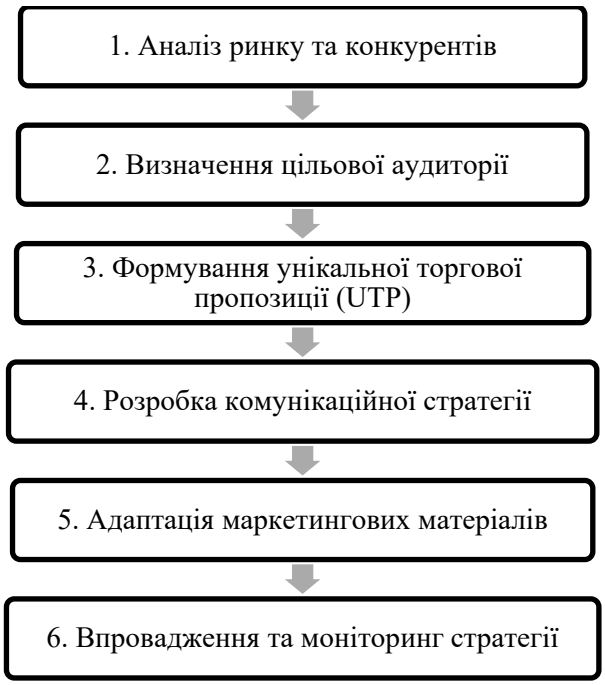


Рисунок 1 – Алгоритм реалізації стратегії позиціонування бренду
Джерело: розроблено авторами за [2, 3 ,4, 8, 9]
Figure 1 – Brand positioning strategy implementation algorithm
Source: developed by the authors according to [2, 3, 4, 8, 9]

Першим кроком у розробці стратегії позиціонування є детальний аналіз ринку та конкурентів. Це включає вивчення ринкових трендів, аналіз діяльності конкурентів, їхніх сильних і слабких сторін, а також визначення ключових факторів успіху на ринку логістики.

Чітке визначення цільової аудиторії є наступним кроком. Для цього необхідно сегментувати ринок, визначивши ключові групи клієнтів, на які буде спрямована маркетингова стратегія. Це можуть бути великі компанії, що потребують комплексних логістичних рішень, малі та середні підприємства, які шукають надійного партнера для перевезень або приватні клієнти, які потребують швидкої та якісної доставки товарів.

На основі аналізу ринку та визначення цільової аудиторії необхідно сформувати унікальну торгову пропозицію (UTP), яка стане основою стратегії позиціонування. UTP має відображати унікальні переваги та відмінності, що вигідно виділяють компанію серед конкурентів. Це можуть бути, наприклад, висока якість обслуговування, інноваційні логістичні рішення, широка географія покриття, надійність та швидкість доставки.

Комунікаційна стратегія є важливим компонентом позиціонування бренду. Необхідно розробити план комунікації, що включатиме використання різних маркетингових каналів, таких як реклама, PR, контент-маркетинг, соціальні мережі та інші інструменти. Комунікаційна стратегія повинна бути спрямована на донесення UTP до цільової аудиторії та створення стійкого позитивного іміджу бренду.

Для ефективної реалізації стратегії позиціонування необхідно адаптувати всі маркетингові матеріали відповідно до нової стратегії. Це включає оновлення веб-сайту, створення нових рекламних матеріалів, розробку контенту для соціальних мереж, підготовку презентаційних матеріалів для клієнтів, партнерів, зацікавлених стейкхолдерів. Всі матеріали мають відображати унікальну цінність та переваги підприємства та його послуг.

Після розробки та адаптації маркетингових матеріалів, необхідно впровадити стратегію позиціонування. Це включає запуск рекламних кампаній, активну комунікацію з цільовою аудиторією, проведення маркетингових заходів і акцій, спрямованих на підвищення впізнаваності бренду. Важливо також постійно моніторити результати впровадження стратегії, аналізувати ефективність заходів, вносити необхідні корективи для досягнення максимальних результатів.

За даними консалтингової компанії Interbrand, що представляє щорічний рейтинг 100 найдорожчих брендів світу, зростання вартості брендів прискорилося за останній рік, найшвидше зростають технологічні компанії. Загальна вартість 100 брендів рейтингу виросла за рік на 15% до $2,3 трлн. У минулому році їх сумарна вартість збільшилася всього на 9%. В середньому вартість бренду з рейтингу зросла за 2021 рік на 10% – в 2020 році середнє зростання склало всього 1,3%. До топ-100 увійшло кілька виробників автомобілів, проте немає жодного перевізника [7].

Розробка стратегії позиціонування бренду на ринку для транспортного підприємства є важливим кроком для забезпечення його конкурентоспроможності та залучення нових клієнтів [2]. Чітке визначення цільової аудиторії, формування унікальної торгової пропозиції та ефективна комунікація з ринком, дозволять компанії зміцнити свої позиції, підвищити впізнаваність бренду та забезпечити довготривале зростання бізнесу. Одним із ключових етапів цього процесу є сегментація цільової аудиторії, яка дозволяє чітко визначити основні групи споживачів та їхні потреби. Це, у свою чергу, допомагає створити таргетовані маркетингові стратегії, що максимально відповідають очікуванням кожного сегмента.

Сегментація цільової аудиторії дає змогу краще розуміти специфіку кожної групи клієнтів, формувати індивідуалізовані пропозиції та підвищувати ефективність маркетингових заходів. Споживачів ринку транспортних послуг можна сегментувати за розміром, видом діяльності тощо. При

цьому необхідно здійснити аналіз основних сегментів цільової аудиторії, виділити їхні характеристики, потреби, поведінкові характеристики та відповідні канали комунікації (табл. 1).

Таблиця 1 наочно демонструє різноманітність цільових сегментів та їхні специфічні вимоги, що дозволяє розробити персоналізовані маркетингові підходи для кожної групи клієнтів. Вона слугуватиме дорожньою картою для подальших маркетингових зусиль транспортного підприємства в процесі зміцнення своєї ринкової позиції та побудови міцних відносин з клієнтами.

Унікальна торгова пропозиція (USP) є ключовим елементом ефективної стратегії позиціонування бренду. Вона допомагає виділити компанію серед конкурентів і привернути увагу цільової аудиторії. Для розробки USP транспортного підприємства необхідно визначити унікальні характеристики його послуг, які можуть привабити споживачів.

Однією з унікальних характеристик послуг може бути широка географія перевезень, що дозволяє обслуговувати клієнтів з різних регіонів і забезпечувати надійні управлінські та логістичні рішення для міжнародних перевезень.

Також важливим є індивідуальний підхід до клієнтів. Компанія, що розробляє спеціальні маршрути, оптимізує витрати на перевезення та забезпечує високий рівень обслуговування, здатна задовольняти специфічні потреби кожного клієнта.

Іншою важливою характеристикою є впровадження інноваційних технологій. Активне використання сучасних систем відстеження вантажів у режимі реального часу, автоматизація процесів і застосування електронних документів підвищить ефективність роботи компанії та забезпечить прозорість для клієнтів.

Надійність і безпека перевезень також є важливою складовою USP. Компанія використовує сучасний автопарк, регулярно проводить технічні огляди та залучає висококваліфікований персонал, що гарантує безпечну доставку вантажів.

Екологічна відповідальність є ще одним ключовим аспектом. Компанія, яка активно працює над зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище, впроваджуючи екологічно чисті технології та використовуючи транспорт з низькими викидами шкідливих речовин має значні конкурентні переваги та забезпечує високу оцінку бренду.

Формування унікальної торгової пропозиції, заснованої на цих характеристиках, дозволить транспортним компаніям не лише привернути увагу нових клієнтів, але й підвищити лояльність існуючих. У результаті, їх бренд буде асоціюватися з надійністю, інноваціями та високим рівнем обслуговування. Це зміцнить позиції компанії на ринку і сприятиме її подальшому зростанню.

Для оцінки ефективності брендингових заходів транспортним підприємствам важливо застосовувати системний підхід, використовуючи різні методи та аналітичні інструменти. Основні методи включають моніторинг ключових показників продуктивності (KPI), аналіз даних з аналітичних інструментів та регулярне отримання зворотного зв’язку від клієнтів.

Моніторинг ключових показників продуктивності є одним з найважливіших аспектів оцінки ефективності брендингових заходів. Впізнаваність бренду можна оцінити за допомогою опитувань та досліджень серед цільової аудиторії. Наприклад, опитування можуть включати питання щодо знання та впізнаваності бренду на ринку. Дані опитувань дозволяють визначити, наскільки добре клієнти знають бренд та його послуги.

Залучення клієнтів вимірюється через аналітику веб-сайту та соціальних мереж. Аналіз активності користувачів, кількості переглядів сторінок і часу проведеного на сайті та рівня взаємодії з контентом, дозволяє зрозуміти, наскільки ефективно бренд комунікує з цільовою аудиторією.

Наприклад, збільшення кількості переглядів сторінок і зростання часу, проведеного на сайті, можуть свідчити про підвищену зацікавленість клієнтів.

Таблиця 1 - Сегментація цільової аудиторії
Table 1 - Segmentation of the target audience

Сегмент	Характеристики	Потреби	Поведінкові характеристики	Канали комунікації
Великі компанії	Міжнародний бізнес, великий обсяг перевезень, постійні потреби	Комплексні логістичні рішення, надійність, інноваційні послуги	Регулярне використання послуг логістики, висока вимогливість	Персональні зустрічі, корпоративні сайти, спеціалізовані виставки
Малі та середні підприємства	Локальний бізнес, середній обсяг перевезень, обмежений бюджет	Ефективність, надійність, доступна ціна	Спорадичне використання послуг логістики, схильність до економії	E-mail маркетинг, соціальні мережі, вебінари, бізнес-форуми
Приватні клієнти	Фізичні особи, невеликі обсяги перевезень, нерегулярні потреби	Швидкість, зручність, доступність	Нерегулярне використання послуг, чутливість до ціни	Соціальні мережі, інтернет-реклама, мобільні додатки, форуми
E-commerce компанії	Онлайн-магазини, великі обсяги доставки, потреба в швидкій доставці	Швидкість, надійність, відстеження посилок	Часте використання послуг доставки, висока потреба в комунікації	E-mail маркетинг, соціальні мережі, мобільні додатки, партнерські програми
Промислові підприємства	Виробництво, великі обсяги перевезень, спеціалізовані вимоги	Точність, надійність, спеціалізовані рішення	Постійне використання послуг логістики, високі стандарти якості	Персональні зустрічі, корпоративні сайти, спеціалізовані виставки

Джерело: розроблено авторами за [1, 5, 6]
Source: developed by the authors according to [1, 5, 6]

Задоволеність клієнтів оцінюється за допомогою зворотного зв'язку, відгуків клієнтів і результатів опитувань NPS (Net Promoter Score). Опитування NPS дозволяють вимірювати лояльність клієнтів, задаючи питання про ймовірність рекомендації бренду друзям, коллегам, знайомим. Високий рівень NPS свідчить про високу задоволеність клієнтів і їх готовність рекомендувати бренд іншим.

Обсяги продажів і частка ринку аналізуються через фінансові показники та дані про продажі. Порівняння обсягів продажів до та після проведення брендингових заходів, дозволяє визначити їх економічний вплив. Зростання обсягів продажів і збільшення частки ринку свідчать про успішність брендингових заходів.

Використання аналітичних інструментів дозволяє отримати більш глибоке розуміння ефективності брендингових заходів. Інструменти аналітики веб-сайту, такі як Google Analytics, надають дані про поведінку користувачів на сайті, включаючи джерела трафіку, найбільш популярні сторінки та канали залучення клієнтів. Аналіз цих даних допомагає визначити, які маркетингові кампанії та канали комунікації є найбільш ефективними (табл. 2).

Таблиця 2 **–** Ключові показники ефективності брендингових заходів транспортних компаній
Table 2 **–** Key indicators of the effectiveness of branding activities of transport companies

Показник	Метод оцінки	Цільова аудиторія	Частота оцінки	Очікувані результати
Впізнаваність бренду	Опитування та дослідження серед цільової аудиторії	Потенційні та існуючі клієнти	Щоквартально	Підвищення рівня впізнаваності бренду на 20%
Залучення клієнтів	Аналітика веб-сайту та соціальних мереж	Відвідувачі веб-сайту, користувачі соціальних мереж	Щомісячно	Збільшення кількості переглядів сторінок на 15%
Задоволеність клієнтів	Зворотний зв'язок, відгуки, опитування NPS	Існуючі клієнти	Щоквартально	Підвищення рівня NPS до 8 з 10
Обсяги продажів і частка ринку	Фінансові показники, дані про продажі	Клієнти, ринок	Щомісячно	Зростання обсягів продажів на 10%

Джерело: розроблено авторами за [5, 6]
Source: developed by the authors according to [5, 6]

На основі зібраних даних і проведеного аналізу, необхідно здійснювати корекцію стратегії підприємства для досягнення оптимальних результатів. Якщо аналіз показує, що певні брендингові заходи не дають очікуваних результатів, важливо оперативно внести зміни до стратегії. Наприклад, якщо опитування виявляють низький рівень впізнаваності бренду, слід переглянути маркетингові кампанії та зосередитися на підвищенні видимості бренду через додаткові рекламні канали або активнішу присутність у соціальних мережах.

Регулярний аналіз фінансових показників і обсягів продажів дозволяє вчасно виявляти тенденції та змінювати стратегію для максимізації прибутку. Якщо обсяги продажів не зростають відповідно до очікувань, слід розглянути можливість проведення додаткових акцій або розширення асортименту послуг.

Корекція стратегії також включає аналіз зворотнього зв'язку від клієнтів і впровадження заходів для покращення якості обслуговування. Якщо клієнти вказують на певні проблеми в обслуговуванні, необхідно вжити заходів для їх усунення, наприклад, провести додаткове навчання персоналу або вдосконалити внутрішні процеси.

Таким чином, систематичний моніторинг, оцінка ефективності брендингових заходів і оперативна корекція стратегії є ключовими елементами для забезпечення успішного розвитку бренду на ринку транспортних послуг і досягнення стратегічних цілей компанії.

Висновки. У сучасних умовах ринку, де конкуренція постійно зростає, ефективний брендинг стає критичним фактором для досягнення успіху. Транспортні підприємства, які вміють створювати та підтримувати сильний бренд, отримують значні переваги у вигляді стабільного попиту на свої послуги та можливості для розширення бізнесу.

У статті підкреслено важливість розробки ефективної стратегії позиціонування бренду транспортного підприємства для забезпечення його конкурентоспроможності та довготривалого успіху. Чітке визначення цільової аудиторії, формування унікальної торгової пропозиції, використання інноваційних технологій дозволять компанії виділитися на ринку, підвищити впізнаваність бренду та

залучити нових клієнтів. Постійний моніторинг і корекція стратегії, гарантують адаптивність підприємства до ринкових змін і підвищення ефективності маркетингових заходів.

Перелік посилань

1. Зубко Д. О. Науково-теоретичний зміст бренд-стратегії торгового підприємства. *Бізнес Інформ.* 2020. №11. С. 457–461. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-11-457-461

2. Ложачевська О.М., Литвишко Л.О., Малахова Ю.А. Розробка рекламної кампанії підприємства в технологічному середовищі. *Науковий журнал «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво».* Вип. 115 (1). 2024. С.247 – 256. DOI: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.1-247-256

3. Орел А. М., Суходольський О. С., Березкін І. М. Стратегії розвитку бренду підприємства в контексті маркетингової орієнтації. *Інвестиції: практика та досвід,* № 16/2024. с.98-102 DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.16.98

4. Павловський, С., Могилевська, О., Слободяник, А., & Мельник, Н. (2023). Теоретико-методичні аспекти формування технології брендингу міста як інструменту його привабливості. *Київський економічний науковий журнал*, (3), 113-121. DOI: https://doi.org/10.32782/2786-765X/2023-3-17

5. Роман Є. Бренд-менеджмент: вибір глобальний, вибір локальний: монографія. Київ : Студцентр. 2021. 256 с.

6. Танасійчук А.М., Сіренко С.О., Пневський В.В. Формування стратегії просування бренду засобами цифрового маркетингу. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. №1 (24). 2020. С. 161-167. DOI: https://doi.org/10.32782/easterneurope.24-23

7. Топ-100 найдорожчих брендів світу: найшвидше зростають технокомпанії. URL: https://mind.ua/news/20232425-top-100-najdorozhchih-brendiv-svitunajshvidshe-zrostayut-tehnokompaniyi

8. Keller K. Strategic Brand Management: Building, Measuring, and Managing Brand Equity / Kevin Keller. 2012. 608 с. 10.

9. Ries A. Positioning: The Battle for Your Mind / A. Ries, J. Trout, K. Philip., 2001. 224 с.

DEVELOPMENT OF TRANSPORT COMPANY BRAND POSITIONING STRATEGY

Malakhova Yulia A., Ph.D. Economics, associate professor department of management, National Transport University, e-mail: yu.malakhova@ntu.edu.ua, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0000-0002-8769-7597

Lytvyshko Liliia O., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: l.lytvyshko@ntu.edu.ua, tel.+380442808438, https://orcid.org/0000-0001-9315-046X

Hodovanyi Rostislav S., Master of specialty 073 «Management», National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: godovaniy.rostik@gmail.com, tel.+380442808438, https://orcid.org/0009-0004-3162-0584

Summary. There is a high level of competition in today's transport services market, and companies must constantly improve their strategies in order to attract new customers and retain existing ones. Successful brand positioning allows companies not only to stand out from the competition, but also to create a sustainable positive image, which is critical for achieving long-term success.

The work emphasizes the importance of correct market segmentation, an individual approach to clients and the use of innovative technologies, which are important trends in the modern business environment.

The authors consider the main stages of developing a strategy for positioning a transport company's brand in a competitive market. It was determined that an effective positioning strategy is key to attracting customers and strengthening competitiveness. The successive stages of this process are described, including market analysis, definition of the target audience, formation of a unique selling proposition (UTP) and development of a communication strategy. The importance of audience segmentation and individualization of approaches to each segment, as well as the role of monitoring and strategy correction to achieve maximum results, is emphasized. The key indicators of the effectiveness of delusional measures, which help to determine the effectiveness of marketing campaigns and communication channels, are considered.

The article defines modern approaches to developing a strategy for positioning a transport company's brand in a competitive market. The methods of market analysis, customer segmentation and formation of a unique sales offer were used. The practical significance of the work lies in the ability of the enterprise to increase its competitiveness, increase market share and improve brand recognition through the application of the proposed strategy. As a result, the company will be able to communicate more effectively with the target audience, which will contribute to the growth of customer loyalty and improvement of business indicators. The article emphasizes the importance of continuous monitoring of results and adjustment of strategy to ensure long-term success.

Keywords: brand, transport company, positioning strategy, unique sales offer, segmentation, target audience, marketing, competitiveness, key performance indicators.

References

1. Zubko D. O. Scientific and theoretical content of the brand strategy of a trading enterprise. Business Inform. 2020. No. 11. C. 457–461. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-11-457-461

2. Lozhachevska O.M., Litvyshko L.O., Malakhova Yu.A. Development of the company's advertising campaign in a technological environment. Scientific journal "Automotive roads and road construction". Vol. 115 (1). 2024. P.247 – 256. DOI: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.1-247-256

3. Orel A. M., Sukhodolskyi O. S., Berezkin I. M. Enterprise brand development strategies in the context of marketing orientation. Investments: practice and experience, No. 16/2024. p.98-102 DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.16.98

4. Pavlovsky, S., Mogilevska, O., Slobodianyk, A., & Melnyk, N. (2023). Theoretical and methodological aspects of the formation of city branding technology as a tool of its attractiveness. Kyiv Economic Scientific Journal, (3), 113-121. DOI: https://doi.org/10.32782/2786-765X/2023-3-17

5. Roman E. Brand management: global choice, local choice: monograph. Kyiv: Studcentr. 2021. 256 p.

6. Tanasiychuk A.M., Sirenko S.O., Pnevskyi V.V. Formation of a brand promotion strategy by means of digital marketing. Eastern Europe: Economy, Business and Management. #1 (24). 2020. P. 161-167. DOI: https://doi.org/10.32782/easterneurope.24-23

7. Top 100 most expensive brands in the world: the fastest growing technology companies. URL: https://mind.ua/news/20232425-top-100-najdorozhchih-brendiv-svitunajshvidshe-zrostayut-tehnokompaniyi

8. Keller K. Strategic Brand Management: Building, Measuring, and Managing Brand Equity / Kevin Keller. 2012. 608 p. 10.

9. Ries A. Positioning: The Battle for Your Mind / A. Ries, J. Trout, K. Philip., 2001. 224 p.

УДК 336.763.4
UDC 336.763.4

DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-331-342

ФІНАНСОВИЙ МЕХАНІЗМ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ МІСТ УКРАЇНИ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

FINANCIAL MECHANISM FOR POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINIAN CITIES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT



Назаренко Ярослава Ярославівна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту, Національний транспортний університет, e-mail: iaroslavanazarenko@gmail.com,+380677822674, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 424.*

https://orcid.org/0000-0002-2343-6988



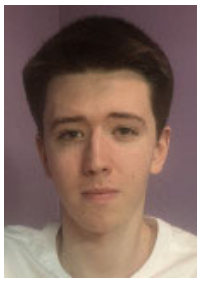
Назаренко Микола Борисович, *кандидат технічних наук, заступник начальника науково-дослідного центру ДП «Державтотранс НДІ проект», e-mail: nnazarenko@insat.org.ua,+380509430592, Україна, 03113, м. Київ, Берестейський проспект, 57.*

https://orcid.org/ 0000-0001-8649-9014



Горобінська Ірина Владиславівна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту, Національний транспортний університет, e-mail: irynavladuslavivna@gmail.com,+380677822674, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 424.*

https://orcid.org/0000-0001-9670-7198



Горобінський Артур В'ячеславович, *здобувач вищої освіти спеціальності «Транспортні технології», Національний транспортний університет, e-mail: gorobinskiy212@gmail.com,+380678332024, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1*

https://orcid.org/0009-0001-3302-1970

Анотація. Статтю присвячено дослідженню проблем формування ефективного фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст в умовах сталого розвитку.

Актуальність обраної теми пояснюється тим, що з огляду на війну та сучасні виклики, з якими країна стикається для відновлення зруйнованої інфраструктури та які матимуть місце після закінчення війни важливо сформувати ефективний фінансовий механізм повоєнного відновлення українських міст, який забезпечить якісне відновлення та реалізацію необхідних проєктів для комфортного життя та функціонування міст.

Об'єкт дослідження – фінансовий механізм як складова фінансового забезпечення повоєнного відновлення українських міст в умовах сталого розвитку.

Мета дослідження – формування ефективного фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст в умовах сталого розвитку.

Методи дослідження – метод системного аналізу, метод аналізу та синтезу, метод статистичного аналізу та метод порівняння.

В ході дослідження проаналізовано основні підходи до розвитку міст на принципах сталого розвитку, обґрунтовано актуальність побудови ефективного фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст як складового елементу успішного розвитку та функціонування будь-якої системи, особливо міської, забезпечуючи можливості реалізації стратегічних цілей, підтримки соціальної стабільності, безпеки та сталого розвитку.

Запропонований фінансовий механізм повоєнного відновлення міст з врахуванням принципів сталого розвитку. Визначено основну мету, принципи та завдання формування фінансового механізму повоєнного відновлення міст України в умовах сталого розвитку. Запропонований фінансовий механізм повоєнного відновлення міст України, побудований на принципах сталого розвитку, має забезпечити комплексний підхід до відновлення міських територій. Це включає в себе збалансоване врахування економічних, соціальних та екологічних аспектів, що сприятиме довгостроковій стійкості та процвітанню міст.

Висновки – формування фінансового механізму є фундаментальним для забезпечення економічної стабільності, зростання та розвитку. Він дозволяє ефективно розподіляти та використовувати фінансові ресурси, підтримувати соціальну стабільність, стимулювати інвестиції та підприємницьку активність. В умовах відновлення після військових конфліктів, ефективний фінансовий механізм стає ще більш важливим, забезпечуючи необхідні ресурси для відновлення інфраструктури, підтримки економіки та поліпшення добробуту населення.

Ключові слова: фінансовий механізм, фінансові ресурси, фінансове забезпечення, повоєнне відновлення, сталий розвиток.

Постановка проблеми. Глобалізаційні та урбаністичні тенденції та процеси, які спостерігаються сьогодні в світовій економіці суттєво впливають на розвиток суспільства, навколишнього середовища, ставлячи нові виклики та вимоги як до інфраструктури, соціальної політики та екологічної стійкості, так і до методів та шляхів їх фінансового забезпечення. Ці процеси змінюють економічні, соціальні та культурні ландшафти, роблячи міста важливими центрами розвитку, технологій та інновацій. Міста стають провідними гравцями у впровадженні ініціатив зі сталого розвитку, які включають скорочення викидів, розвиток зеленої інфраструктури та впровадження відновлюваних джерел енергії. Розвиток міст, їх здатність до адаптації та впровадження сталих практик є ключовими факторами, що впливають на майбутнє світової економіки та суспільства.

Ефективний фінансовий механізм є складовим елементом успішного розвитку та функціонування будь-якої системи, особливо міської, забезпечуючи можливості реалізації стратегічних цілей, підтримки соціальної стабільності, безпеки та сталого розвитку. Особливого значення ці питання набувають в умовах війни, значного руйнування інфраструктури нашої країни та необхідності забезпечення подальшого відновлення та розвитку. Тому, важливим є формування ефективного фінансового механізму повоєнного відновлення міст України з врахуванням принципів та цілей сталого розвитку.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Сьогодні багато праць українських вчених присвячені аналізу досвіду, тактик та стратегій повоєнного відновлення економік, відбудови міст та інфраструктури держави, а також тенденцій розвитку вітчизняної економіки та механізмів і джерел фінансового забезпечення повоєнного відновлення. Питання визначення проблем та напрямів фінансового забезпечення повоєнного розвитку України з врахуванням історичного досвіду інших країн, що перебували у подібних обставинах та врахуванням конкретних умов в яких наразі перебуває наша країна розглядають вчені А.П. Дука, Г.В. Старченко [1] та О.Д. Вовчак, О.О. Ярошенко [2]. Наслідки війни для вітчизняної економіки у 2022 – 2023 роках та аналіз вихідних умов повоєнного відновлення України досліджені у праці М. Скрипниченка [3]. Також вчений розглянув історичний досвід повоєнного відновлення Німеччини, Японії та Ізраїлю.

Проблемам формування концепції розумного міста як основи забезпечення сталого розвитку територій та економіки присвячені дослідження О.В. Тур [4]. Питання соціального, соціально-комунікаційного, енергетичного та екологічного функціонування міст, як в умовах цифрової трансформації, так і в контексті розвитку інноваційного управління, розглядаються в працях А.М. Пінь, Т.А. Пушкар, Д.О. Серьогіна, К.В. Михайлова [5, 6].

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, які присвячені питанням повоєнної відбудови економіки, інфраструктури міст та країни в цілому, а також пошуку фінансових ресурсів для реалізацій повоєнних проєктів, питання формування механізму фінансового забезпечення повоєнного відновлення міст України в умовах сталого розвитку потребують подальшого розгляду.

Виклад основного матеріалу дослідження. Війна в Україні спричинила величезні економічні втрати, які вплинули на всі аспекти економіки країни. Бойові дії, які тривають у південних та східних областях, а також активні обстріли українських міст призводять до значних руйнувань інфраструктури міст, житлового фонду та довкілля. Найбільш постраждалими є області в яких велись та ведуться бойові дії та які знаходяться поблизу зони ведення бойових дій та зазнають найбільшого обстрілу. До найбільш постраждалих регіонів від війни відносять Київську, Чернігівську, Сумську, Харківську, Донецьку, Дніпропетровську, Миколаївську, Херсонську та Запорізьку області. Загальна сума збитків, що припадають на ці області становлять 143 млрд. доларів США (рис. 1).Багато об'єктів інфраструктури, включаючи дороги, мости, залізниці та електромережі,зруйновані або пошкоджені. З кожним днем війни ці збитки стають все більшими і їх фінальна оцінка, як і оцінка обсягів пошкоджень та руйнувань українських міст, можлива лише після завершення бойових дій на території України.

За даними досліджень Київської школи економіки [6] загальна сума прямих збитків житловій та нежитловій нерухомості, іншій інфраструктурі, транспортним засобам становить 157,2 млрд. доларів (рис.2). Зростання суми збитків пов’язане зі збільшенням пошкоджених та зруйнованих об’єктів інфраструктури, житлового фонду, промисловості, енергетики, сфер освіти та охорони здоров’я, яка збільшується щоденно внаслідок регулярних обстрілів. Найбільша частина збитків припадає на

житлові та адміністративні будівлі та на інфраструктуру дорожньо-транспортну та енергетичну, а також на навколишнє середовище.

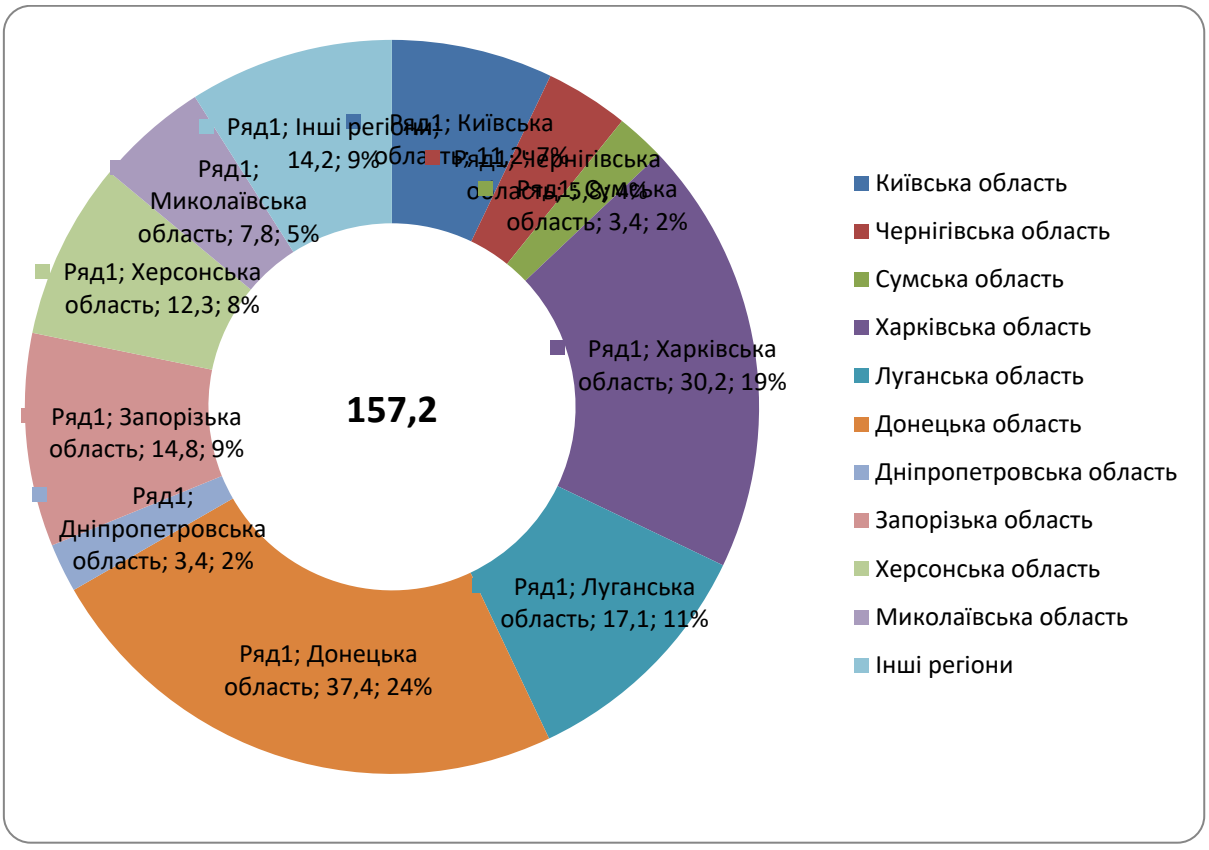


Рисунок 1 – Загальна оцінка збитків за регіонами України на початок 2024 року, млрд. доларів США
Figure 1 –Total damage assessment by region of Ukraine at the beginning of 2024, billion US dollars
Джерело: [6, 7]

Після військових дій міста часто стикаються з численними викликами, такими як руйнування інфраструктури, економічний занепад, соціальні проблеми та екологічні наслідки. Відновлення українських міст та економіки є критично важливим для забезпечення стабільного і сталого розвитку України. Основні аспекти повоєнного відновлення українських міст повинні передбачати всебічний і комплексний підхід, який є ключовим для забезпечення сталого та ефективного відновлення, оскільки враховує всі аспекти міського життя та інтеграцію різних сфер діяльності, що сприяє досягненню максимальної синергії та ефективності. Ключовим аспектом такого підходу є інтеграція соціальних, економічних та екологічних факторів, які передбачають застосування принципів сталого розвитку, зокрема енергоефективності, використання відновлювальних джерел енергії, захисту природних ресурсів та відновлення екосистем.

Також важливою складовою є відновлення економічної активності шляхом підтримки місцевого бізнесу, залучення інвестицій, створення нових робочих місць та розвитку інфраструктури. Відбудова міст повинна передбачати створення умов для комфортного життя мешканців, забезпечення доступу

до якісних послуг у сфері охорони здоров'я, освіти, соціального захисту та культури. Зважаючи на це розробка стратегії та механізму повоєнного відновлення міст є критично важливою для створення сприятливих та комфортних умов для життя населення. Стратегія повоєнного відновлення українських міст представлена на рисунку 3. Метою розробки стратегії повоєнного відновлення українських міст повинне бути створення комплексного плану дій, який забезпечить стале відновлення інфраструктури, економіки та соціального життя, сприятиме покращенню якості життя населення та закладе основу для довгострокового розвитку. Вона повинна включати в себе основні цілі повоєнного відновлення українських міст, такі як: відновлення життєво важливої інфраструктури, стимулювання підприємницької діяльності та відновлення промислового потенціалу, забезпечення соціального захисту та підтримки населення, впровадження екологічно чистих технологія та відновлення природних ресурсів.

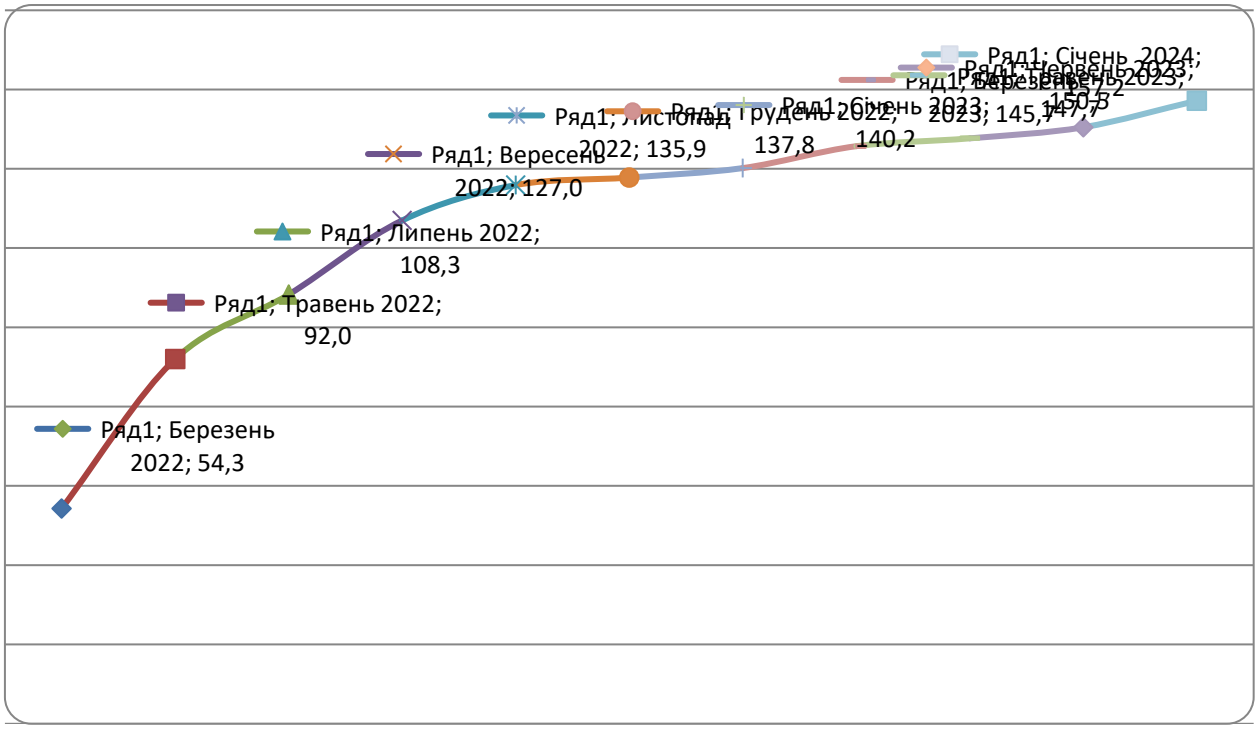


Рисунок 2 – Динаміка загальної оцінки прямих витрат в економіці України, млрд. дол.
Figure 2 – Trends in the overall estimate of direct expenditures in the Ukrainian economy, in billions of USD
Джерело: [6, 7]

Стратегічні пріоритети повоєнного відновлення українських міст повинні бути спрямовані на забезпечення комплексного, стійкого та довгострокового розвитку. Вони мають враховувати не лише відновлення інфраструктури, але й економічне, соціальне та екологічне відродження. Всі стратегічні пріоритети мають бути реалізовані у вигляді конкретних програм та проектів, спрямованих на відновлення та розвиток українських міст. Вони повинні враховувати як короткострокові потреби, так і довгострокові цілі, забезпечуючи стале та всебічне відродження після війни.

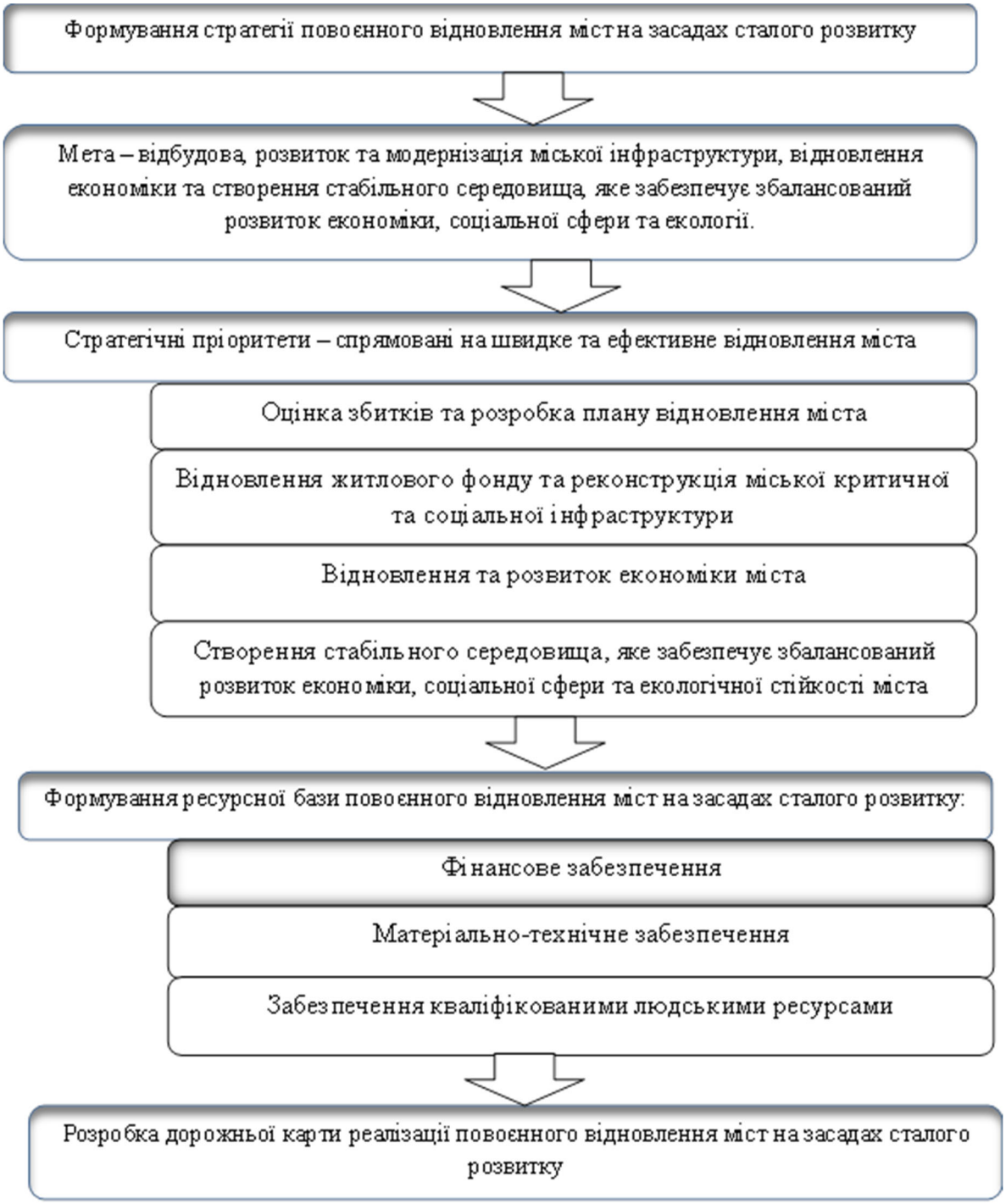


Рисунок 3 – Схема стратегії повоєнного відновлення українських міст на засадах сталого розвитку
Figure 3 – Scheme of the strategy for the post-war reconstruction of Ukrainian cities on the basis of sustainable development
Джерело: запропоновано авторами

Для реалізації всіх програм повоєнного відновлення важливим є формування ефективного фінансового механізму. Фінансовий механізм є невід'ємною складовою економічної системи, забезпечуючи раціональне використання фінансових ресурсів. Фінансовий механізм — це сукупність методів, засобів і інструментів, за допомогою яких здійснюється управління фінансовими ресурсами та забезпечується досягнення фінансових цілей організації або держави. Він охоплює всі аспекти фінансової діяльності, включаючи планування, розподіл, контроль та аналіз фінансів. Формування фінансового механізму, як системи дії фінансових інструментів, є важливим кроком для забезпечення стабільного та ефективного функціонування будь-якої економіки. Він відіграє ключову роль у забезпеченні економічної стабільності, соціального благополуччя та сталого розвитку.

Фінансовий механізм повоєнного відновлення українських міст повинен бути багатокомпонентним і гнучким, включаючи різноманітні джерела фінансування, інструменти управління фінансовими ресурсами та механізми контролю за їх використанням (рис. 4).

Метою формування фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст є створення ефективної системи мобілізації, розподілу та управління фінансовими ресурсами, необхідними для відновлення інфраструктури, стимулювання економічного розвитку та забезпечення соціального благополуччя.

Відповідно основними цілями фінансового механізму мають стати відновлення інфраструктури, стимулювання економічного зростання, соціальний захист та підтримка населення, прозорість та ефективність використання ресурсів, забезпечення сталого розвитку. Принципи фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст є основними напрямками та керівними засадами, які забезпечують ефективність, прозорість і стійкість відновлювальних процесів. Вони допомагають спрямовувати фінансові ресурси на пріоритетні завдання, залучати інвесторів і забезпечувати соціальне благополуччя.

Завдання фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст повинні охоплювати комплексні дії, спрямовані на забезпечення ефективного використання фінансових ресурсів для відновлення та розвитку інфраструктури, економіки та соціальної сфери. Основні завдання включають: мобілізацію фінансових ресурсів, розробку та реалізацію проєктів відновлення міст, забезпечення прозорості та підзвітності реалізації проєктів відновлення українських міст, стимулювання економічного зростання, забезпечення сталого розвитку, підвищення інституційної спроможності, а також оцінка та корекція фінансових механізмів та проектів для виявлення проблем та потреб у корекції.

Фінансові методи є ключовим компонентом фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст. У контексті повоєнного відновлення українських міст, фінансові методи допомагають організувати ефективне фінансування відновлювальних проектів, забезпечити прозорість використання коштів та залучити необхідні інвестиції. Вони включають різноманітні інструменти та підходи для забезпечення ефективного збору, розподілу та контролю фінансових ресурсів.

Фінансові інструменти механізму повоєнного відновлення українських міст є конкретними засобами, які використовуються для залучення, розподілу та управління фінансовими ресурсами в рамках фінансового механізму повоєнного відновлення. Ці інструменти забезпечують фінансування проєктів, спрямованих на відновлення інфраструктури, підтримку економічного зростання та соціального благополуччя.

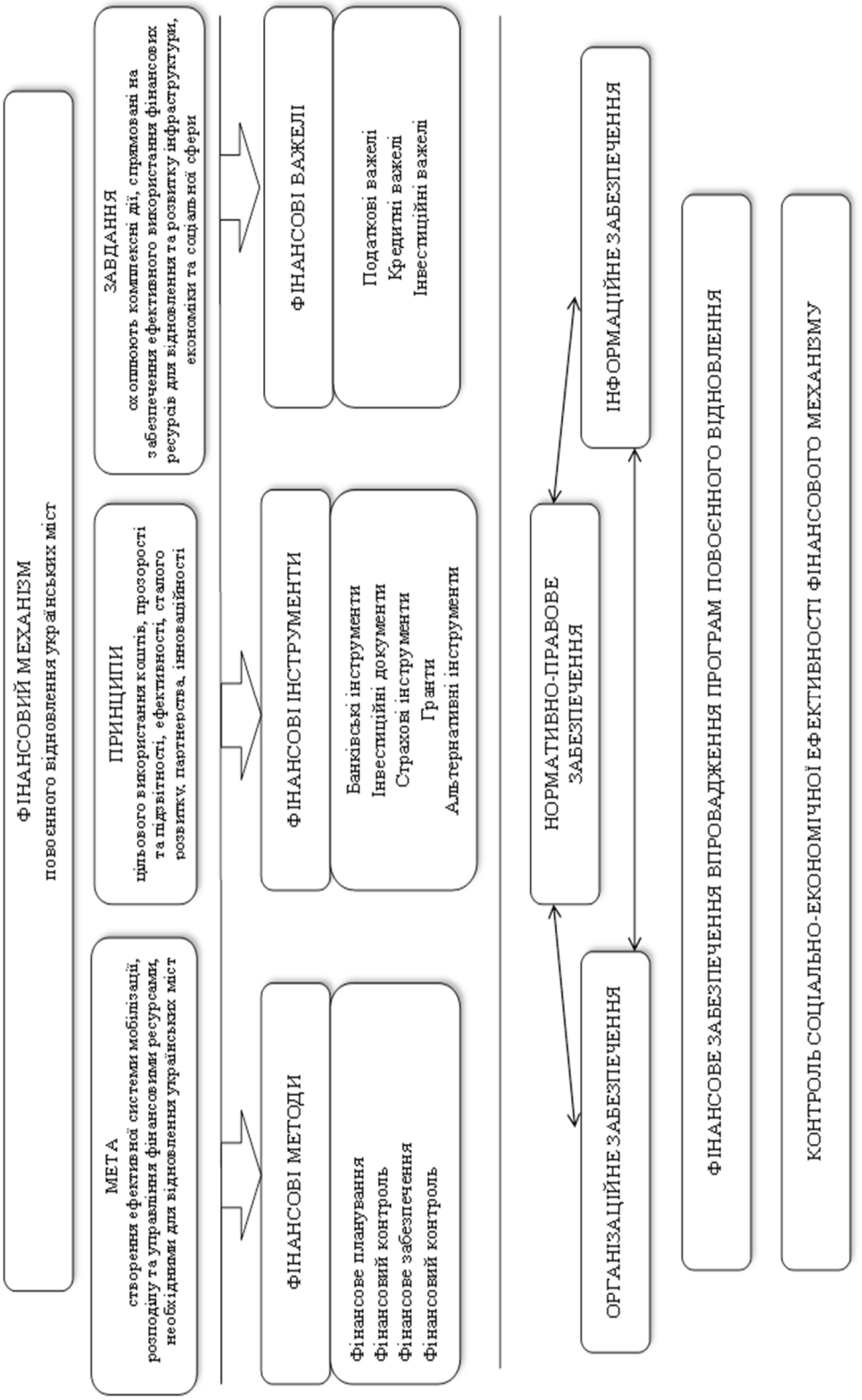


Рисунок 4 – Схема фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст на засадах сталого розвитку
Figure 4 – Scheme of the financial mechanism for the post-war reconstruction of Ukrainian cities on the basis of sustainable development
Джерело: запропоновано авторами

Нормативно-правове регулювання фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст є важливим аспектом, який забезпечує законодавчу базу для реалізації відновлювальних проектів, залучення фінансових ресурсів та забезпечення прозорості і ефективності їх використання. Нормативно-правове регулювання фінансового механізму повоєнного відновлення. Воно повинно включати в себе як законодавчі акти, які визначають цілі, завдання, принципи і механізми повоєнного відновлення міст так і норми, що регулюють повноваження місцевих органів влади щодо управління фінансами та реалізації відновлювальних проектів. Нормативно-правове регулювання повинно бути динамічним і гнучким, щоб адаптуватися до змін у соціально-економічному середовищі, потребах громад та вимогах міжнародних партнерів, що забезпечить ефективне відновлення українських міст.

Важливою запорукою успішної трансформації та реалізації проектів задля сталого розвитку розумних міст є достатня кількість фінансових джерел. Сьогодні коли українська економіка знаходиться у стані війни це питання стоїть особливо гостро. Окрім традиційних джерел фінансових ресурсів, які перевіреними, стабільними та зазвичай підтримують більшість фінансових потреб міста, однак розміри яких є досить часто обмеженими, слід використовувати і інноваційні джерела фінансових ресурсів. Вони допоможуть забезпечити залучення необхідних ресурсів, стимулювати інвестиції в технології та інфраструктуру, а також допоможуть підтримати сталий розвиток міста

Ще однією критично важливою складовою фінансового механізму повоєнного відновлення має бути контроль соціально-економічної ефективності фінансового механізму, оскільки забезпечує обґрунтованість витрат бюджетних коштів, досягнення поставлених цілей і сприяє стабільному розвитку. Контроль дозволяє оцінити, чи досягнуті заплановані результати відновлення, такі як покращення інфраструктури, підвищення якості життя населення та відновлення економічної діяльності. Регулярна перевірка результатів допомагає виявляти прогрес у реалізації проектів і вчасно коригувати плани. Контроль фінансових потоків і використання ресурсів дозволяє зменшити ризики корупційних схем і нецільового використання коштів. Контроль дозволяє виявляти невиправдані витрати та оптимізувати використання фінансових ресурсів, що особливо важливо в умовах обмежених бюджетів. Прозорість і контроль за ефективністю використання коштів підвищують довіру інвесторів і міжнародних партнерів, що може сприяти залученню додаткових фінансових ресурсів.

Отже, фінансовий механізм повоєнного відновлення міст України повинен бути комплексним і враховувати всі аспекти сталого розвитку. Це включає в себе як економічні, так і соціальні, а також екологічні фактори, що забезпечить якісне і стійке відновлення міст після війни.

Висновки. Формування фінансового механізму повоєнного відновлення українських міст є фундаментальним для забезпечення економічної стабільності, зростання та розвитку. Він дозволяє ефективно розподіляти та використовувати фінансові ресурси, підтримувати соціальну стабільність, стимулювати інвестиції та підприємницьку активність. В умовах відновлення після військових конфліктів, ефективний фінансовий механізм стає ще більш важливим, забезпечуючи необхідні ресурси для відновлення інфраструктури, підтримки економіки та поліпшення добробуту населення.

Зважаючи на значні руйнування українських міст внаслідок війни з росією, окрім загальносвітових напрямів трансформування міст в міста сталого розвитку напрями повоєнної відбудови та трансформації українських міст повинні передбачати комплексний підхід відновлення зруйнованої інфраструктури, забезпечення соціально-економічного розвитку та створення умов для сталого функціонування міських територій. Враховуючи масштаби руйнувань, викликаних війною, ключовими напрямами мають стати відновлення житлового фонду, економіки, інфраструктури,

екологічна реабілітація, а також соціальна інтеграція та підтримка населення. Ці напрями є ключовими для створення міцного фундаменту для довготривалого розвитку міст та підвищення якості життя їхніх мешканців.

Перелік посилань

1. А.П. Дука, Старченко Г.В. Світовий досвід повоєнного відновлення економіки: уроки для України. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. 2022. Випуск 6. Режим доступу: https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2022-6-03-06/2022-6-03-06

2. О.Д Вовчак О.О. Ярошенко Проблеми фінансового забезпечення повоєнного розвитку економіки України та напрями їх вирішення. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. 2023. Випуск 10.Режим доступу: https://reicst.com.ua/pmt/article/view/issue_10_2023

3. Тур О.В. Концепція розумного міста як основа забезпечення сталого розвитку територій. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. Випуск 4 (15) 2008. Режим доступу: http://srd.pdaba.edu.ua:8080/bitstream/123456789/3946/1/Tur.pdf

4. А.М.Пінь Концепція розумного міста в контексті розвитку інноваційного управління. SOCIO-ECONOMIC PROBLEMS OF THE MODERN PERIOD OF UKRAINE. Випуск 8, 2018 Режим доступу:https://ird.gov.ua/sep/sep20184(132)/sep20184(132)_114_PinA.pdf

5. Пушкар Т.А., Серьогіна Д.О., Михайлова К.В. Розвиток «Розумних міст» в умовах цифрової трансформації. Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво, 2022 р., №1 (124). Режим доступу: http://www.econom.stateandregions.zp.ua/journal/2022/1_2022/22.pdf

6. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року Режим доступу:https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf

7. Проект Плану відновлення України Матеріали робочої групи «Аудиту збитків, понесених внаслідок війни» Режим доступу:https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/audit-of-war-damage.pdf

8. Дослідження ініціатив у сфері повоєнного відновленняРежим доступу:http://surl.li/xuqjoo

9. Radoslaw Wolniak, Kinga Stecula Artificial Intelligence in Smart Cities—Applications, Barriers, and Future Directions: A Review Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/381371441_Artificial_Intelligence_in_Smart_Cities-Applications_Barriers_and_Future_Directions_A_Review (2024)

10. Mohamed Asmy Mohd Thas Thaker. The Behavioral Intention of Citizens to Finance Smart City Development in Indonesia through Civic Crowdfunding.. Global Review of Islamic Economics and Business 11(2):073-088 Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/380415641_The_Behavioral_Intention_of_Citizens_to_Finance_Smart_City_Development_in_Indonesia_through_Civic_Crowdfunding(2023)

FINANCIAL MECHANISM FOR POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINIAN CITIES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Nazarenko Iaroslava Ia., National Transport University, Ph.D. Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Finance, Accounting and Audit, e-mail: iaroslavanazarenko@gmail.com, tel. +380677822674, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovich-Pavlenka, 1, room 424, https://orcid.org/0000-0002-2343-6988

Nazarenko Mykola B., State Enterprise «State Road Transport Research Institute», Ph.D Technical Sciences, Deputy head of the research center, the State Enterprise «State Road Transport Research Institute», e-mail: nnazarenko@insat.org.ua, tel. +380509430592, Ukraine, 03113, Kyiv, Beresteiskyi prospect 57, https://orcid.org/0000-0001-8649-9014

Gorobinska Iryna V., National Transport University, Ph.D. Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Finance, Accounting and Audit, e-mail: irynavladuslavivna@gmail.com, tel. +380677822674, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovich-Pavlenka, 1, room 424, orcid.org/0000-0001-9670-7198

Horobinskyi Artur V., National Transport University, Higher Education Student, Specialty «Transport technologies», e-mail: gorobinskiy212@gmail.com, tel. +380678332024, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovich-Pavlenka, 1, https:/orcid.org/0009-0001-3302-1970

Abstract. The article is devoted to the study of the problems of forming an effective financial mechanism for the post-war recovery of Ukrainian cities in the context of sustainable development.

The relevance of the chosen topic is explained by the fact that the formation of a financial mechanism for the post-war reconstruction of Ukrainian cities in the context of sustainable development is an important topic, especially given the current challenges that the country faces after the hostilities.

The object of the study is the financial mechanism as a component of financial support for the post-war recovery of Ukrainian cities in the context of sustainable development.

The purpose of the study is to form an effective financial mechanism for the post-war recovery of Ukrainian cities in the context of sustainable development.

Research methods – method of system analysis, method of analysis and synthesis, method of statistical analysis and method of comparison.

The study analyzes the main approaches to urban development based on sustainable development principles and highlights the importance of creating an effective financial mechanism for the post-war reconstruction of Ukrainian cities. This mechanism is essential for the successful development and operation of urban systems, as it enables the achievement of strategic goals while maintaining social stability, security, and sustainability.

The financial mechanism for post-war urban recovery is proposed, taking into account the principles of sustainable development. The main purpose, principles and tasks of forming a financial mechanism for the post-war reconstruction of Ukrainian cities in the context of sustainable development are determined. The proposed financial mechanism for the post-war restoration of Ukrainian cities, based on the principles of sustainable development, should provide a comprehensive approach to the restoration of urban areas. This includes a balanced consideration of economic, social and environmental aspects that will contribute to the long-term sustainability and prosperity of cities.

Conclusions - The formation of a financial mechanism is fundamental to ensuring economic stability, growth and development. It allows for the efficient allocation and use of financial resources, maintaining social stability, and stimulating investment and entrepreneurial activity. In the context of recovery from military conflicts, an effective financial mechanism becomes even more important, providing the necessary resources to rebuild infrastructure, support the economy and improve the welfare of the population.

Keywords: financial mechanism, financial resources, financial support, post-war reconstruction, sustainable development.

References

1. A.P. Dudka, G.V. Starchenko Svitovyi dosvid povoyennogo vidnovlennia ekonomiky: uroky dlia Ukrainy. Problemy suchasnykh transformazii. Seriia: ekonomika ta upravlinnia. 2022. Vypusk 6. URL: https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2022-6-03-06/2022-6-03-06

2. O.D.Vovchak, O.O.Yaroshenko Problemy finansovoho zabezpechennia povoiennoho rozvytku ekonomiky Ukrainy ta napriamy yikh vyrishennia. Problemy suchasnykh transformatsii. Seriia: ekonomika ta upravlinnia. 2023. Vypusk 10.Url: https://reicst.com.ua/pmt/article/view/issue_10_2023

3. Tur O.V. Kontseptsiia rozumnoho mista yak osnova zabezpechennia staloho rozvytku terytorii. Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia. Vypusk 4 (15) 2008. Url: http://srd.pdaba.edu.ua:8080/bitstream/123456789/3946/1/Tur.pdf

4. A.M.Pin Kontseptsiia rozumnoho mista v konteksti rozvytku innovatsiinoho upravlinnia. SOCIO-ECONOMIC PROBLEMS OF THE MODERN PERIOD OF UKRAINE. Vypusk 8, 2018. Url: https://ird.gov.ua/sep/sep20184(132)/sep20184(132)_114_PinA.pdf

5. Pushkar T.A., Serohina D.O., Mykhailova K.V. Rozvytok «Rozumnykh mist» v umovakh tsyfrovoi transformatsii. Derzhava ta rehiony. Seriia: Ekonomika ta pidpryiemnytstvo, 2022 r., №1 (124). Url: http://www.econom.stateandregions.zp.ua/journal/2022/1_2022/22.pdf

6. Zvit pro priami zbytky infrastruktury vid ruinuvan vnaslidok viiskovoi ahresii Rosii proty Ukrainy stanom na pochatok 2024 roku Url: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf

7. Proekt Planu vidnovlennia Ukrainy Materialy robochoi hrupy «Audytu zbytkiv, ponesenykh vnaslidok viiny»Url: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/audit-of-war-damage.pdf

8. Doslidzhennia initsiatyv u sferi povoiennoho vidnovlennia Url: http://surl.li/xuqjoo

9. Radoslaw Wolniak, Kinga Stecula Artificial Intelligence in Smart Cities—Applications, Barriers, and Future Directions: A Review Url: https://www.researchgate.net/publication/381371441_Artificial_Intelligence_in_Smart_Cities-Applications_Barriers_and_Future_Directions_A_Review (2024)

10. Mohamed Asmy Mohd Thas Thaker. The Behavioral Intention of Citizens to Finance Smart City Development in Indonesia through Civic Crowdfunding. Global Review of Islamic Economics and Business 11(2):073-088 Url: https://www.researchgate.net/publication/380415641_The_Behavioral_Intention_of_Citizens_to_Finance_Smart_City_Development_in_Indonesia_through_Civic_Crowdfunding(2023)